

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

#2/pw/mb  
paper

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2001年 2月21日

出願番号  
Application Number:

特願2001-044650

[ST.10/C]:

[JP2001-044650]

出願人  
Applicant(s):

株式会社半導体エネルギー研究所



2002年 1月11日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造

出証番号 出証特2001-3115398

【書類名】 特許願

【整理番号】 P005537

【提出日】 平成13年 2月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 山崎 舜平

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 瀬尾 哲史

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 柴田 典子

【特許出願人】

【識別番号】 000153878

【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002543

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 成膜方法及び成膜装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電極上に第一の有機化合物からなる第一の機能領域を形成し、

前記第一の機能領域上に前記第一の有機化合物と第二の有機化合物からなる混合領域を形成し、

前記混合領域上に前記第二の有機化合物からなる第二の機能領域を形成する成膜方法であって、

前記第一の機能領域、第二の機能領域及び混合領域は、同一の成膜室で光を照射しつつ形成されることを特徴とする成膜方法。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記光を照射する方向と、前記第一及び第二の有機化合物が飛散する方向とは同じであることを特徴とする成膜方法。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、前記第一の有機化合物が飛散される蒸発源と前記第二の有機化合物が飛散される蒸発源とは異なることを特徴とする成膜方法。

【請求項 4】

請求項 1 または請求項 2 において、第一の蒸発源から第一の有機化合物が飛散され、第二の蒸発源から第二の有機化合物が飛散されることを特徴とする成膜方法。

【請求項 5】

請求項 4 において、前記第一の蒸発源と前記第二の蒸発源はそれぞれ複数あることを特徴とする成膜方法。

【請求項 6】

請求項 4 または請求項 5 において、第一の蒸発源と、第二の蒸発源とを、連続的に作動させることにより第一の有機化合物と第二の有機化合物が連続的に蒸着されることを特徴とする成膜方法。

【請求項 7】

請求項 4 または請求項 5 において、第一の蒸発源と、第二の蒸発源とを、同時に作動させることにより前記混合領域が形成されることを特徴とする成膜方法。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一において、前記光は光源から照射され、前記光源と前記蒸発源は同一面にあることを特徴とする成膜方法。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか一において、前記光として紫外線を用いたことを特徴とする成膜方法。

【請求項 1 0】

請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか一において、前記光として 1 0 0 ~ 2 0 0 n m の波長の光を用いたことを特徴とする成膜方法。

【請求項 1 1】

請求項 8 乃至請求項 1 0 のいずれか一において、前記光源として低圧水銀灯を用いたことを特徴とする成膜方法。

【請求項 1 2】

ロード室と、アライメント室と、第一の電極上に有機化合物膜を形成する第一の成膜室と、クリーニング予備室と、第二の電極を形成する第二の成膜室と、封止室とを有する成膜装置であって、

前記第一の成膜室は蒸発源と、光源とを有し、

前記蒸発源として、第一の有機化合物を有する第一の蒸発源と、第二の有機化合物を有する第二の蒸発源とを複数有し、

前記光源は、前記第一の有機化合物または前記第二の有機化合物を蒸着しつつ光を照射する手段を有していることを特徴とする成膜装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 において、前記第一の蒸発源と前記第二の蒸発源が連続的に作動する手段が備えられていることを特徴とする成膜装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 2 において、前記第一の蒸発源と前記第二の蒸発源が同時に作動する

手段が備えられていることを特徴とする成膜装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 2 乃至 1 4 のいずれか一において、前記光源と前記蒸発源とが同時に作動する手段を備えていることを特徴とする成膜装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 2 乃至 1 5 のいずれか一において、前記光源は、紫外線を照射することを特徴とする成膜装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 2 乃至 1 6 のいずれか一において、前記光源として低圧水銀灯を有することを特徴とする成膜装置。

【請求項 1 8】

請求項 1 2 乃至 1 7 のいずれか一において、前記光源は、100～200nmの波長の光を照射することを特徴とする成膜装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する分野】

本発明は、電界を加えることで発光が得られる有機化合物を含む膜（以下、「有機化合物膜」と記す）と、陽極と、陰極と、を有する発光素子の作製に用いる成膜装置及び成膜方法に関する。本発明では特に、従来よりも駆動電圧が低く、なおかつ素子の寿命が長い発光素子の作製に関する。さらに、本明細書中における発光装置とは、素子として発光素子を用いた画像表示デバイスもしくは発光デバイスを指す。また、発光素子にコネクタ、例えば異方導電性フィルム（FPC: flexible printed circuit）もしくはTAB（Tape Automated Bonding）テープもしくはTCP（Tape Carrier Package）が取り付けられたモジュール、TABテープやTCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または発光素子にCOG（Chip On Glass）方式によりIC（集積回路）が直接実装されたモジュールも全て含むものとする。

【0002】

【従来の技術】

発光素子は、電界を加えることにより発光する素子である。その発光機構は、電極間に有機化合物層を挟んで電圧を印加することにより、陰極から注入された電子および陽極から注入された正孔が有機化合物層中の発光中心で再結合して分子励起子を形成し、その分子励起子が基底状態に戻る際にエネルギーを放出して発光するといわれている。

## 【 0 0 0 3 】

なお、有機化合物が形成する分子励起子の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であるが、本明細書中ではどちらの励起状態が発光に寄与する場合も含むこととする。

## 【 0 0 0 4 】

このような発光素子において、通常、有機化合物層は $1\mu\text{m}$ を下回るほどの薄膜で形成される。また、発光素子は、有機化合物層そのものが光を放出する自発光型の素子であるため、従来の液晶ディスプレイに用いられているようなバックライトも必要ない。したがって、発光素子は極めて薄型軽量に作製できることが大きな利点である。

## 【 0 0 0 5 】

また、例えば $100\sim 200\text{nm}$ 程度の有機化合物層において、キャリアを注入してから再結合に至るまでの時間は、有機化合物層のキャリア移動度を考えると数十ナノ秒程度であり、キャリアの再結合から発光までの過程を含めてもマイクロ秒以内のオーダーで発光に至る。したがって、非常に応答速度が速いことも特長の一つである。

## 【 0 0 0 6 】

さらに、発光素子はキャリア注入型の発光素子であるため、直流電圧での駆動が可能であり、ノイズが生じにくい。駆動電圧に関しては、まず有機化合物膜の厚みを $100\text{nm}$ 程度の均一な超薄膜とし、また、有機化合物膜に対するキャリア注入障壁を小さくするような電極材料を選択し、さらにはヘテロ構造（二層構造）を導入することによって、 $5.5\text{V}$ で $100\text{cd}/\text{m}^2$ の十分な輝度が達成された（文献1：C. W. Tang and S. A. VanSlyke, "Organic electroluminescent diodes", Applied Physics Letters, vol. 51, No.12, 913-915 (1987)）。

## 【0007】

こういった薄型軽量・高速応答性・直流低電圧駆動などの特性から、発光素子は次世代のフラットパネルディスプレイ素子として注目されている。また、自発光型であり視野角が広いことから、視認性も比較的良好であり、電気器具の表示画面に用いる素子として有効と考えられている。

## 【0008】

ところで、文献1において示された発光素子の構成であるが、まず、キャリア注入障壁を小さくする方法として、仕事関数が低い上に比較的安定なMg:Ag合金を陰極に用い、電子の注入性を高めている。このことにより、有機化合物膜に大量のキャリアを注入することを可能としている。

## 【0009】

さらに有機化合物膜として、ジアミン化合物からなる正孔輸送層とトリス（8-キノリノラト）アルミニウム（以下、「Alq<sub>3</sub>」と記す）からなる電子輸送性発光層とを積層するという、シングルヘテロ構造を適用することにより、キャリアの再結合効率を飛躍的に向上させている。このことは、以下のように説明される。

## 【0010】

例えば、Alq<sub>3</sub>単層のみを有する発光素子の場合では、Alq<sub>3</sub>が電子輸送性であるため、陰極から注入された電子のほとんどは正孔と再結合せずに陽極に達してしまい、発光の効率は極めて悪い。すなわち、単層の発光素子を効率よく発光させる（あるいは低電圧で駆動する）ためには、電子および正孔の両方をバランスよく輸送できる材料（以下、「バイポーラー材料」と記す）を用いる必要があり、Alq<sub>3</sub>はその条件を満たしていない。

## 【0011】

しかし、文献1のようなシングルヘテロ構造を適用すれば、陰極から注入された電子は正孔輸送層と電子輸送性発光層との界面でブロックされ、電子輸送性発光層中へ閉じこめられる。したがって、キャリアの再結合が効率よく電子輸送性発光層で行われ、効率のよい発光に至るのである。

## 【0012】

このようなキャリアのブロッキング機能の概念を発展させると、キャリアの再結合領域を制御することも可能となる。その例として、正孔をブロックできる層（正孔ブロッキング層）を正孔輸送層と電子輸送層との間に挿入することにより、正孔を正孔輸送層内に閉じこめ、正孔輸送層の方を発光させることに成功した報告がある。（文献 2 : Yasunori KIJIMA, Nobutoshi ASAI and Shin-ichiro TAMURA, "A Blue Organic Light Emitting Diode", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 38, 5274-5277(1999)）。

## 【 0 0 1 3 】

また、文献 1 における発光素子は、いわば正孔の輸送は正孔輸送層が行い、電子の輸送および発光は電子輸送性発光層が行うという、機能分離の発想であるとも言える。この機能分離の概念はさらに、正孔輸送層と電子輸送層の間に発光層を挟むというダブルヘテロ構造（三層構造）の構想へと発展した（文献 3 : Chihaya ADACHI, Shizuo TOKITO, Tetsuo TSUTSUI and Shogo SAITO, "Electroluminescence in Organic Films with Three-Layered Structure", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 27, No. 2, L269-L271(1988)）。

## 【 0 0 1 4 】

こういった機能分離の利点としては、機能分離することによって一種類の有機材料に様々な機能（発光性、キャリア輸送性、電極からのキャリア注入性など）を同時に持たせる必要がなくなり、分子設計等に幅広い自由度を持たせることができる点にある（例えば、無理にバイポーラー材料を探索する必要がなくなる）。つまり、発光特性のいい材料、キャリア輸送性が優れる材料などを、各々組み合わせることで、容易に高発光効率が達成できるということである。

## 【 0 0 1 5 】

これらの利点から、文献 1 で述べられた積層構造の概念（キャリアブロッキング機能あるいは機能分離）自体は、現在に至るまで広く利用されている。

## 【 0 0 1 6 】

また、これらの発光素子の作製においては、特に量産プロセスでは、正孔輸送材料、発光層材料、電子輸送材料等を真空蒸着により積層する際に、それぞれの材料がコンタミネーションしないようにするため、インライン方式（マルチチャ



ンバー方式)の成膜装置が用いられている。なお、図16に成膜装置の上面図を示す。

#### 【0017】

図16に示した成膜装置においては、陽極(I TOなど)を有する基板上に正孔輸送層・発光層・電子輸送層の三層構造(ダブルヘテロ構造)、陰極の蒸着、及び封止処理が可能である。

#### 【0018】

まず、搬入室に陽極を有する基板を搬入する。基板は第1搬送室を経由して紫外線照射室に搬送され、真空雰囲気中での紫外線照射により、陽極表面がクリーニングされる。なお、陽極がI TOのような酸化物である場合、ここで前処理室にて酸化処理がされる。

#### 【0019】

次に、蒸着室1501で正孔輸送層が形成され、蒸着室1502～1504で発光層(図16では、赤、緑、青の三色)が形成され、蒸着室1505で電子輸送層が形成され、蒸着室1506で陰極が形成される。最後に、封止室にて封止処理がなされ、搬出室から発光素子が得られる。

#### 【0020】

このようなインライン方式の成膜装置の特色としては、各層の蒸着がそれぞれ異なる蒸着室1501～1505において行われていることである。したがって、それぞれの蒸着室1501～1505には、通常一つの蒸発源(1511～1515)を設ければよい(ただし、蒸着室1502～1504において、色素をドーピングすることにより発光層を形成する場合、共蒸着層を形成するために二つの蒸発源が必要になることもある)。つまり、各層の材料がほとんど互いに混入しないような装置構成となっている。

#### 【0021】

図16で説明した成膜装置を用いて作製された発光素子の構造を図17に示す。図17において、基板1601上に形成される陽極1602と陰極1603との間に有機化合物層1604が形成されるが、ここで形成される有機化合物層1604は、異なる蒸着室において異なる有機化合物が形成されることから第一の

有機化合物層 1 6 0 5、第 2 の有機化合物層 1 6 0 6、第 3 の有機化合物層 1 6 0 7 で示される積層界面は明確に分離して形成されている。

#### 【0 0 2 2】

ここで、第一の有機化合物層 1 6 0 5 と第 2 の有機化合物層 1 6 0 6 の界面付近にある領域 1 6 0 8 を図 1 7 (B) で示す。ここでは、第一の有機化合物層 1 6 0 5 と第 2 の有機化合物層 1 6 0 6 の界面 1 6 0 9 に不純物 1 6 1 0 が混入されている様子が分かる。つまり、図 1 6 に示した従来の成膜装置においては、それぞれの層を別の成膜室で形成することから、その成膜室間を基板が移動する際に、不純物 1 6 0 9 が基板表面に付着してしまい、界面 1 6 0 9 に不純物 1 6 1 0 が混入されてしまうのである。なお、ここでいう不純物とは、具体的には、酸素や水などである。

#### 【0 0 2 3】

#### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、以上で述べたような積層構造は異種物質間の接合であるため、その界面には必ずエネルギー障壁が生じることになる。エネルギー障壁が存在すれば、その界面においてキャリアの移動は妨げられるため、以下に述べるような問題点が提起される。

#### 【0 0 2 4】

まず一つは、駆動電圧のさらなる低減へ向けての障害になるという点である。実際、現在の発光素子において、駆動電圧に関しては共役ポリマーを用いた単層構造の素子の方が優れており、パワー効率（単位：[lm/W]）でのトップデータ（ただし、一重項励起状態からの発光を比較）を保持していると報告されている（文献 4：筒井哲夫、「応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会誌」、Vol. 11, No. 1, P.8 (2000)）。

#### 【0 0 2 5】

なお、文献 4 で述べられている共役ポリマーはバイポーラー材料であり、キャリアの再結合効率に関しては積層構造と同等なレベルが達成できる。したがって、バイポーラー材料を用いるなどの方法で、積層構造を用いることなくキャリアの再結合効率さえ同等にできるのであれば、界面の少ない単層構造の方が実際は

駆動電圧が低くなることを示している。

【 0 0 2 6 】

例えば電極との界面においては、エネルギー障壁を緩和するような材料を挿入し、キャリアの注入性を高めて駆動電圧を低減する方法がある（文献 5 : Takeo Wakimoto, Yoshinori Fukuda, Kenichi Nagayama, Akira Yokoi, Hitoshi Nakada, and Masami Tsuchida, "Organic EL Cells Using Alkaline Metal Compounds as Electron Injection Materials", IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL. 44, NO. 8, 1245-1248(1997)）。文献 5 では、電子注入層として  $\text{Li}_2\text{O}$  を用いることにより、駆動電圧の低減に成功している。

【 0 0 2 7 】

しかしながら、有機材料間（例えば正孔輸送層と発光層との間のことであり、以下、「有機界面」と記す）のキャリア移動性に関してはいまだ未解決の分野であり、単層構造の低駆動電圧に追いつくための重要なポイントであると考えられる。

【 0 0 2 8 】

さらに、エネルギー障壁に起因する問題点として、発光素子の素子寿命に対する影響が考えられる。すなわち、キャリアの移動が妨げられ、チャージが蓄積することによる輝度の低下である。

【 0 0 2 9 】

この劣化機構に関してははっきりした理論は確立されていないが、陽極と正孔輸送層との間に正孔注入層を挿入し、さらに dc 駆動ではなく矩形波の ac 駆動にすることによって、輝度の低下を抑えることができるという報告がある（文献 6 : S. A. VanSlyke, C. H. Chen, and C. W. Tang, "Organic electroluminescent devices with improved stability", Applied Physics Letters, Vol. 69, No. 15, 2160-2162(1996)）。このことは、正孔注入層の挿入および ac 駆動によって、チャージの蓄積を排除することにより、輝度の低下を抑えることができたという実験的な裏付けと言える。

【 0 0 3 0 】

以上のことから、積層構造は容易にキャリアの再結合効率を高めることができ

、なおかつ機能分離の観点から材料の選択幅を広くできるというメリットを持つ一方で、有機界面を多数作り出すことによってキャリアの移動を妨げ、駆動電圧や輝度の低下に影響を及ぼしていると言える。

## 【0031】

また、従来の成膜装置では、正孔輸送材料、発光層材料、電子輸送材料等を真空蒸着により積層する際に、それぞれの材料がコンタミネーションしないようにするために別々のチャンバーに蒸発源を設けて異なる層を異なるチャンバーで成膜しているが、このような装置では、上述したような積層構造を形成する場合には、有機界面が明確に分かれるばかりでなく、基板がチャンバー間を移動する際に有機界面に水や酸素といった不純物が混入されるという問題がある。

## 【0032】

その他にも、従来の成膜装置を用いて蒸着法により有機化合物層を形成する場合において、特に分子サイズの異なる複数の有機化合物からなる膜を形成する場合には、緻密な膜の形成が困難になる。しかし、膜の緻密性は以下の点から素子特性の向上に非常に重要となる。まず一つとして、キャリアは、有機化合物分子間を移動しながら再結合するため、有機化合物分子間の距離は、キャリアの移動に影響を与え、分子間距離が大きくなるとキャリアの移動度を妨げる原因となる。さらに、移動度の低いキャリアは、有機化合物間の空隙においてトラップされやすい状況となるため、再結合できないキャリアが有機化合物層内に多く存在することになる。

## 【0033】

つまり、膜の緻密性に関しても、先に述べたような発光素子における輝度の低下や駆動電圧の低下に影響を及ぼしていると言える。

## 【0034】

そこで本発明では、従来用いられている積層構造とは異なる概念により、有機化合物膜中に存在するエネルギー障壁を緩和してキャリアの移動性を高めると同時に、なおかつ積層構造の機能分離と同様に各種複数の材料の機能を有し、これらの膜をより緻密化させた素子を作製する成膜装置を提供する。また、これらの成膜装置を用いた成膜方法を提供することを課題とする。

【0035】

【課題を解決するための手段】

積層構造におけるエネルギー障壁の緩和に関しては、文献5に見られるようなキャリア注入層の挿入という技術に顕著に見られる。つまり、エネルギー障壁の大きい積層構造の界面において、そのエネルギー障壁を緩和する材料を挿入することにより、エネルギー障壁を階段状に設計することができる。

【0036】

これにより電極からのキャリア注入性を高め、確かに駆動電圧をある程度までは下げることができる。しかしながら問題点は、層の数を増やすことによって、有機界面の数は逆に増加することである。このことが、文献4で示されているように、単層構造の方が駆動電圧・パワー効率のトップデータを保持している原因であると考えられる。

【0037】

逆に言えば、この点を克服することにより、積層構造のメリット（様々な材料を組み合わせることができ、複雑な分子設計が必要ない）を活かしつつ、なおかつ単層構造の駆動電圧・パワー効率に追いつくことができる。

【0038】

そこで本発明において、図1（A）のように発光素子の陽極102と陰極103の間に複数の機能領域からなる有機化合物膜104が形成される場合、第一の機能領域105と第二の機能領域106との間に、第一の機能領域105を構成する材料および第二の機能領域106を構成する材料の両方からなる第一の混合領域107を有する構造を形成する。

【0039】

さらに、第二の機能領域106と第三の機能領域107との間に、第二の機能領域106を構成する材料および第三の機能領域107を構成する材料の両方からなる第二の混合領域108を有する構造を形成する。

【0040】

図1（A）に示されるような構造を適用することで、機能領域間に存在するエネルギー障壁は緩和され、キャリアの注入性が向上すると考えられる。したがって

、駆動電圧の低減、および輝度低下の防止が可能となる。

【0041】

以上のことから、本発明における成膜装置では、第一の有機化合物が機能を発現できる領域（第一の機能領域）と、前記第一の機能領域を構成する物質とは異なる第二の有機化合物が機能を発現できる領域（第二の機能領域）と、を少なくとも含む発光素子、及びこれを有する発光装置の作製において、前記第一の機能領域と前記第二の機能領域との間に、前記第一の機能領域を構成する有機化合物と前記第二の機能領域を構成する有機化合物、とからなる混合領域を作製することを特徴とする。

【0042】

また、図1（A）に示すように、第一の機能領域105と第二の機能領域106の間に形成される第一の混合領域107は図1（B）に示すように、同一の成膜室において連続的に成膜されるため、図16（B）で示したような不純物の混入も防ぐことができる。

【0043】

なお、第一の有機化合物および第二の有機化合物は、陽極から正孔を受け取る正孔注入性、電子移動度よりも正孔移動度の方が大きい正孔輸送性、正孔移動度よりも電子移動度の方が大きい電子輸送性、陰極から電子を受け取る電子注入性、正孔または電子の移動を阻止しうるブロッキング性、発光を呈する発光性、の一群から選ばれる性質を有し、かつ、それぞれ異なる前記性質を有する。

【0044】

なお、正孔注入性の高い有機化合物としては、フタロシアニン系の化合物が好ましく、正孔輸送性の高い有機化合物としては、芳香族ジアミン化合物が好ましく、また、電子輸送性の高い有機化合物としては、キノリン骨格を含む金属錯体、ベンゾキノリン骨格を含む金属錯体、またはオキサジアゾール誘導体、またはトリアゾール誘導体、またはフェナントロリン誘導体が好ましい。さらに、発光性の有機化合物としては、安定に発光するキノリン骨格を含む金属錯体、またはベンゾオキサゾール骨格を含む金属錯体、またはベンゾチアゾール骨格を含む金属錯体が好ましい。

## 【 0 0 4 5 】

上で述べた第一の機能領域および第二の機能領域の組み合わせを、表 1 に示す。組み合わせ A ～ E は、単独で導入してもよい（例えば A のみ）し、複合して導入してもよい（例えば A と B の両方）。

## 【 0 0 4 6 】

【表 1】

組み合わせ	第 1 の機能領域	第 2 の機能領域
A	正孔注入性	正孔輸送性
B	電子注入性	電子輸送性
C	正孔輸送性	発光性
D	電子輸送性	発光性
E	電子輸送性	ブロッキング性

## 【 0 0 4 7 】

また、組み合わせ C と D を複合して導入する場合（すなわち、発光性の機能領域の両界面に混合領域を導入する場合）、発光性領域で形成された分子励起子の拡散を防ぐことで、さらに発光効率を高めることができる。したがって、発光性領域の励起エネルギーは、正孔性領域の励起エネルギーおよび電子輸送性領域の励起エネルギーよりも低いことが好ましい。この場合、キャリア輸送性に乏しい発光材料も発光性領域として利用できるため、材料の選択幅が広がる利点がある。なお、本明細書中でいう励起エネルギーとは、分子における最高被占分子軌道（HOMO : highest occupied molecular orbital）と最低空分子軌道（LUMO : lowest unoccupied molecular orbital）とのエネルギー差のことをいう。

## 【 0 0 4 8 】

さらに好ましくは、発光性領域を、ホスト材料と、ホスト材料よりも励起エネルギーが低い発光材料（ドーパント）とで構成し、ドーパントの励起エネルギーが、正孔輸送性領域の励起エネルギーおよび電子輸送層の励起エネルギーよりも低くなるように設計することである。このことにより、ドーパントの分子励起子の拡散を防ぎ、効果的にドーパントを発光させることができる。また、ドーパントがキャリアトラップ型の材料であれば、キャリアの再結合効率も高めることが

できる。

#### 【 0 0 4 9 】

さらに、本発明の成膜装置においては、図 1 (C) に示すような構造の発光素子を形成することも可能である。図 1 (C) においては、基板 1 0 1 上の陽極 1 0 2 と陰極 1 0 3 との間に形成される有機化合物膜 1 0 4 において、第一の有機化合物からなる第一の機能領域 1 1 0 と第二の有機化合物からなる第二の機能領域 1 1 1 との間に第一の機能領域 1 1 0 を構成する材料および第二の機能領域 1 1 1 を構成する材料の両方からなる第一の混合領域 1 1 2 を有する構造を形成する。さらに、この第一の混合領域の全体若しくは、一部に第三の有機化合物をドーピングすることにより、第一の混合領域の全体若しくは、一部に第三の機能領域 1 1 3 を形成することができる。なお、ここで形成される第三の機能領域 1 1 3 は、発光を呈する領域となる。

#### 【 0 0 5 0 】

なお、図 1 (C) の素子構造を形成する場合には、第一の有機化合物と第二の有機化合物は、正孔注入性、正孔輸送性、電子輸送性、電子注入性、ブロッキング性の一群から選ばれる性質を有する有機化合物から形成され、かつ、それぞれを形成する有機化合物は、異なる性質を有するものとする。さらに、第三の有機化合物は、発光性の有機化合物（ドーパント）であり、かつ、第一の有機化合物と第二の有機化合物よりも励起エネルギーの低い材料を用いる必要がある。なお、第三の機能領域 1 1 3 において、第一の有機化合物と第二の有機化合物は、ドーパントに対するホストとしての役割を果たす。

#### 【 0 0 5 1 】

ところで近年、発光効率の観点で言えば、三重項励起状態から基底状態に戻る際に放出されるエネルギー（以下、「三重項励起エネルギー」と記す）を発光に変換できる有機発光素子が、その高い発光効率ゆえに注目されている（文献 7 : D. F. O'Brien, M. A. Baldo, M. E. Thompson and S. R. Forrest, "Improved energy transfer in electrophosphorescent devices", Applied Physics Letters, vol. 74, No. 3, 442-444 (1999)）（文献 8 : Tetsuo TSUTSUI, Moon-Jae YANG, Masayuki YAHIRO, Kenji NAKAMURA, Teruichi WATANABE, Taishi TSUJI, Y



oshinori FUKUDA, Takeo WAKIMOTO and Satoshi MIYAGUCHI, "High Quantum Efficiency in Organic Light-Emitting Devices with Iridium-Complex as a Triplet Emissive Center", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 38, L1502-L1504 (1999))。

【 0 0 5 2 】

文献 7 では白金を中心金属とする金属錯体を、文献 8 ではイリジウムを中心金属とする金属錯体を用いている。これらの三重項励起エネルギーを発光に変換できる有機発光素子（以下、「三重項発光素子」と記す）は、従来よりも高輝度発光・高発光効率を達成することができる。

【 0 0 5 3 】

しかしながら、文献 8 の報告例によると、初期輝度を  $500\text{cd}/\text{m}^2$  に設定した場合の輝度の半減期は 170 時間程度であり、素子寿命に問題がある。そこで、本発明を三重項発光素子に適用することにより、三重項励起状態からの発光による高輝度発光・高発光効率に加え、素子の寿命も長いという非常に高機能な発光素子が可能となる。

【 0 0 5 4 】

したがって、図 1 (C) に示す発光素子において、三重項励起エネルギーを発光に変換できる材料をドーパントとして第一の混合領域 1 1 2 に添加し、第三の機能領域 1 1 3 を形成する場合も本発明に含めることとする。また、混合領域の形成においては、混合領域に濃度勾配をもたせてもよい。

【 0 0 5 5 】

さらに、本発明においては、図 2 に示すように光源から光を照射しながら有機化合物膜の蒸着を行うことにより、成膜される膜の緻密化を図ることを特徴としている。

【 0 0 5 6 】

図 2 (A) では、成膜室 2 0 1 内において、発光素子の陽極まで形成された基板上に有機化合物膜が形成される様子を示している。成膜室 2 0 1 には、有機化合物が備えられた蒸発源 2 0 2 が備えられている。なお、蒸発源 2 0 2 では、抵抗加熱により有機化合物が気化され、蒸発源 2 0 2 から飛散した有機化合物は、

有機化合物分子 2 0 3 の状態で基板上に蒸着される。

## 【 0 0 5 7 】

また、成膜室内には、光源 2 0 4 が設けられており、基板上に有機化合物が蒸着される間、有機化合物分子 2 0 3 及び基板表面に光を照射し続ける構成になっている。また、光源 2 0 4 からは、紫外線が照射される。なお、本発明においては、波長 1 0 0 ~ 3 0 0 n m の光が好ましい。

## 【 0 0 5 8 】

なお、光源 2 0 4 からの光は気化された有機化合物分子 2 0 3 に照射され、フォトンエネルギーを与える。これにより有機化合物分子 2 0 3 は活性化されるため基板表面における表面反応に影響を与え、緻密な膜の形成が促進される。

## 【 0 0 5 9 】

なお、本発明における光の照射は、基板上に成膜される前の有機化合物分子 2 0 3 を照射してこれを活性化するだけでなく、基板上も照射することから、図 2 ( B ) に示すように基板の陽極上に既に成膜された有機化合物分子をも活性化させることができる。図 2 ( B ) に示すのは、成膜中の基板を斜め下方から見た図である。

## 【 0 0 6 0 】

ここで活性化された基板上的有機化合物分子は、光照射により活性化エネルギーを得ることにより、より安定な位置に再び移動することが可能となる。

## 【 0 0 6 1 】

このようにして、成膜前の有機化合物分子をより緻密に成膜するだけでなく、既に成膜された有機化合物分子もより緻密化することができるので、図 2 ( C ) に示すようにこれまで以上に緻密化された有機化合物膜 2 0 5 を形成することができる。

## 【 0 0 6 2 】

そこで、本発明では、図 3 に示すように同一の成膜室に置いて、複数の有機化合物を成膜し、複数の機能領域を形成するだけでなく、これらの界面に混合領域を形成し、また成膜時に光照射を行う。

## 【 0 0 6 3 】

図 3 (A) において、成膜室 3 0 1 には、発光素子の陽極が形成された基板が備えられている。はじめに陽極上に第一の蒸発源 3 0 2 a から第一の有機化合物 3 0 3 a が蒸着され、第一の機能領域 3 0 6 が形成される。この時、光源 3 0 4 から蒸着前の有機化合物分子と既に基板上に蒸着された有機化合物分子（第一の有機化合物分子 3 0 5 a、第二の有機化合物分子 3 0 5 b）が光照射され、これにより分子の活性化エネルギーが高められるために、より分子間の距離を短くなり、形成される第一の機能領域 3 0 6 を形成する有機化合物膜の膜は緻密化される。

#### 【 0 0 6 4 】

次に第一の蒸発源 3 0 2 a と第二の蒸発源 3 0 2 b から第一の有機化合物 3 0 3 a と第二の有機化合物 3 0 3 b とが同時に蒸着され、第一の混合領域 3 0 8 が形成される。この時も同様に光源からの光照射を行いながら蒸着を行うため、より緻密化された有機化合物膜が形成される。

#### 【 0 0 6 5 】

最後に、第二の蒸発源 3 0 2 b から第二の有機化合物 3 0 3 b が蒸着され、同様に光照射による緻密化された第二の機能領域 3 0 7 が形成される。

#### 【 0 0 6 6 】

以上のようにして、図 3 (B) に示すように第一の機能領域 3 0 6 と第二の機能領域 3 0 7 の間に第一の混合領域 3 0 8 を有する有機化合物膜 3 0 9 を形成すると共にこれらを形成する有機化合物分子の分子間距離を非常に短くすることができる。有機化合物膜 3 0 9 において、これを構成する有機化合物の分子間距離が長くなると、分子間に隙間ができる。この分子間の隙間は、有機化合物膜の欠陥となり、この欠陥部においてキャリアの移動が妨げられる。このためチャージが蓄積されることにより輝度の低下及び素子の劣化が生じる。以上のことから、本発明のように成膜室に光源 3 0 4 を設けて、成膜時に光照射を行うことは効果的である。

#### 【 0 0 6 7 】

以上のように、本発明の成膜装置では、複数の蒸発源を有する同一の成膜室において、複数の機能領域を形成し、かつ上述したような混合領域を有する発光素

子を形成するだけでなく、これらの領域をより緻密化させて形成することを特徴とする。

#### 【0068】

##### 【発明の実施の形態】

はじめに、本発明の成膜装置が有する成膜室410について図4を用いて説明する。図4に示すように基板400の下方には、ホルダ401に固定されたメタルマスク402が備えられており、さらにその下方には、蒸発源403が設けられている。蒸発源403（403a～403c）は、有機化合物膜を形成する有機化合物404（404a～404c）が備えられている材料室405（405a～405c）と、シャッター406（406a～406c）とで構成されている。なお、本発明の成膜室では、膜が均一に成膜されるように、蒸発源403、または、蒸着される基板が移動（回転）するようにしておくとい

#### 【0069】

また、材料室405（405a～405c）は、導電性の金属材料からなり、ここに電圧が印加された際に生じる抵抗により内部の有機化合物404（404a～404c）が加熱されると、気化して基板400の表面へ蒸着される。なお、基板400の表面とは本明細書中では、基板とその上に形成された薄膜も含むこととし、ここでは、基板400上に陽極が形成されている。

#### 【0070】

なお、シャッター406（406a～406c）は、気化した有機化合物404（404a～404c）の蒸着を制御する。つまり、シャッターが開いているとき、加熱により気化した有機化合物404（404a～404c）を蒸着することができる。よって、本明細書中では、シャッターが開き、有機化合物が蒸着させる状態になることを蒸発源が作動するという。

#### 【0071】

なお、有機化合物404（404a～404c）は、蒸着前から加熱して気化させておき、蒸着時にシャッター406（406a～406c）を開ければすぐに蒸着ができるようにしておく、成膜時間を短縮できるので望ましい。

#### 【0072】

また、本発明における成膜装置においては、一つの成膜室において複数の機能領域を有する有機化合物膜が形成されるようになっており、蒸発源 4 0 3 もそれに応じて複数設けられている。なお、本発明においては複数の蒸発源が同時に作動することにより、複数の有機化合物は、同時に蒸着される。また、複数の蒸発源が連続的に作動することにより複数の有機化合物を連続的に蒸着することができる。この場合には、成膜室内部の圧力変化に伴う脱ガスの侵入を防ぐことができることから、異なる領域の界面汚染を防ぐことができる。すなわち、複数の蒸発源を時間的に分断することなく続けて蒸着することができる。なお、蒸発源が作動することにより有機化合物は気化されて上方に飛散し、メタルマスク 4 0 2 に設けられた開口部 4 1 2 を通って基板 4 0 0 に蒸着される。

## 【 0 0 7 3 】

また、蒸発源 4 0 3 の間には、光源 4 0 7 が設けられており、成膜時に有機化合物分子、および基板上に光が照射される。光を照射することにより蒸発源から飛散し、基板に到達する直前の状態にある有機化合物分子や既に基板上に成膜されている有機化合物分子に活性化エネルギーを与えることができ、より緻密な有機化合物膜を形成することができる。される。

## 【 0 0 7 4 】

なお、本発明においては、光源 4 0 7 から紫外線を照射する。例えば、波長 1 8 4 . 9 n m もしくは、2 5 3 . 7 n m の低圧水銀灯や、希ガス共鳴線や ( K r : 1 2 3 . 6 n m 、 1 1 6 . 5 n m 、 X e : 1 4 7 . 0 n m 、 1 2 9 . 5 n m ) やその他の低圧金属蒸気ランプ ( C d : 3 2 6 . 1 n m 、 2 2 8 . 8 n m 、 Z n : 3 0 7 . 6 n m 、 2 1 3 . 9 n m ) を用いることができる。しかし、特に波長 1 0 0 ~ 3 0 0 n m の紫外線を照射することが好ましい。さらに具体的な成膜方法について、以下に説明する。

## 【 0 0 7 5 】

はじめに、第一の材料室 4 0 5 a に備えられている、第一の有機化合物 4 0 4 a が蒸着される。なお、第一の有機化合物 4 0 4 a は予め抵抗加熱により気化されており、蒸着時にシャッター 4 0 6 a が開くことにより基板 4 0 0 の方向へ飛散する。これにより、図 1 ( A ) に示した第一の機能領域 1 0 5 を形成すること

ができる。

【0076】

そして、第一の有機化合物404aを蒸着したまま、シャッター406bを開け、第二の材料室405bに備えられている、第二の有機化合物404bを蒸着する。なお、第二の有機化合物も予め抵抗加熱により気化されており、蒸着時にシャッター406bが開くことにより基板400の方向へ飛散する。ここで、第一の有機化合物404aと第二の有機化合物404bとからなる第一の混合領域107を形成することができる。

【0077】

そして、しばらくしてからシャッター406aのみを閉じ、第二の有機化合物404bを蒸着する。これにより、第二の機能領域106を形成することができる。

【0078】

なお、ここでは、二種類の有機化合物を同時に蒸着することにより、混合領域を形成する方法を示したが、第一の有機化合物を蒸着した後、その蒸着雰囲気下で第二の有機化合物を蒸着することにより、第一の機能領域と第二の機能領域との間に混合領域を形成することもできる。

【0079】

次に、第二の有機化合物404bを蒸着したまま、シャッター406cを開け、第三の材料室405cに備えられている、第三の有機化合物404cを蒸着する。なお、第三の有機化合物404cも予め抵抗加熱により気化されており、蒸着時にシャッター406cが開くことにより基板400の方向へ飛散する。ここで、第二の有機化合物404bと第三の有機化合物404cとからなる第二の混合領域108を形成することができる。

【0080】

そして、しばらくしてからシャッター406bのみを閉じ、第三の有機化合物404cを蒸着する。これにより、第三の機能領域107を形成することができる。なお、本発明において、有機化合物膜を蒸着している間は、常に光源407から光が照射され続けているものとする。最後に陰極を形成することにより本発

明の発光素子が完成する。

#### 【0081】

なお、図1（C）に示した発光素子は、第一の有機化合物404aを用いて第一の機能領域110を形成した後、第一の有機化合物404aと第二の有機化合物404bとからなる第一の混合領域112を形成し、第一の混合領域112を形成する途中で、一時的（または、同じ時間）にシャッター406cを開いて第三の有機化合物404cの蒸着（ドーピング）を同時に行うことにより、第三の機能領域113を形成する。

#### 【0082】

一時的に第三の有機化合物をドーピングする場合には、シャッター406cを閉じることにより、再び第一の混合領域112が形成される。また、第一の混合領域112の全体に第三の有機化合物がドーピングされる場合には、シャッター406cと同時にシャッター406bを同時に閉じる。

#### 【0083】

さらに、第二の有機化合物404bにより第二の機能領域111が形成される。以上により有機化合物膜104が形成される。この場合も同様に、有機化合物膜の成膜の間、光源からの光照射は続けられているものとする。そして、別の成膜室もしくは、別の成膜装置において陰極を形成することにより発光素子が形成される。

#### 【0084】

ここで、図4（B）に成膜室に設けられる蒸発源403及び光源407について示す。図4（B）は、成膜室に設けられる蒸発源403および光源407の配置について、成膜室の上面から見たときの様子を示すものである。

#### 【0085】

ここでは、図1（A）で示したように三種類の有機化合物を用いて有機化合物膜を形成する場合について説明する。横一列に三種類の有機化合物がそれぞれ備えられた蒸発源403a、403b、403cが並んでいる。そして、この列は縦方向にk列（k=1～10列）設けられている。このように同じ有機化合物を備えた蒸発源を複数同一の成膜室に設けることにより、基板上に成膜される有機

化合物の膜厚を均一にすることができる。また、光源 4 0 7 は、これらの蒸発源（4 0 3 a ~ 4 0 3 c）の間に設けられている。なお、ここでは、三種類の有機化合物は、隣り合う列（1）に異なる配列を形成する場合について示したが、必ずしもこのような配列にする必要はなく、同じ順番に配置された列を並べても良い。光源 4 0 7 に関しても、必ずしもこのような配置にする必要はなく、成膜室内に飛散している有機化合物分子や、基板上の有機化合物分子にできるだけ均一に光が照射されるような配置にすればよい。

#### 【 0 0 8 6 】

なお、本発明の成膜装置では、同一の成膜室内で複数の蒸発源を用いて成膜が行われることから、成膜性を向上させるために、成膜に用いられる有機材料が備えられている蒸発源が成膜時に基板の下の最適な位置に移動するか、もしくは基板が蒸発源上の最適な位置に移動するような機能を設けても良い。

#### 【 0 0 8 7 】

さらに、本発明の成膜室には、蒸着時に有機化合物が成膜室の内壁に付着することを防止するための防着シールド 4 0 8 が設けられている。この防着シールド 4 0 8 を設けることにより、基板上に蒸着されなかった有機化合物を付着させることができる。また、防着シールド 4 0 8 の周囲には、電熱線 4 0 9 が接して設けられており、電熱線 4 0 9 により、防着シールド 4 0 8 全体を加熱することができる。なお、防着シールド 4 0 8 を加熱することにより、付着した有機化合物を気化させることができる。これにより成膜室内のクリーニングを行うことが可能である。

#### 【 0 0 8 8 】

以上のように本発明においては、同一の成膜室において複数の機能領域を有する有機化合物膜を形成することができるので、機能領域界面が不純物により汚染される問題を解決することができる。さらに、この成膜室においては、機能領域界面に混合領域を形成できるだけでなく、これらの有機化合物膜をより緻密化させることができる。

#### 【 0 0 8 9 】

さらに、これまで説明した成膜室を有する成膜装置の構成について図 5 を用い



て説明する。図 5 (A) は、成膜装置の上面図であり、図 5 (B) は断面図である。なお、共通の部分には、共通の符号を用いることとする。また、本実施の形態においては、3つの成膜室を有するインライン方式の成膜装置の各成膜室において、三種類の有機化合物膜（赤、緑、青）を形成する例を示す。

#### 【0090】

図 5 (A) において、500 はロード室であり、ロード室に備えられた基板は、第一のアライメント室 501 に搬送される。なお、第一のアライメント室 501 では、予めホルダ 502 に固定されているメタルマスク 503 のアライメントがホルダごと行われており、アライメントが終了したメタルマスク 503 上に蒸着前の基板 504 が載せられる。これにより、基板 504 とメタルマスク 503 は一体となり、第一の成膜室 505 に搬送される。

#### 【0091】

ここで、メタルマスク 503 と基板 504 とを固定するホルダ 502 の位置関係について図 6 を用いて説明する。なお、図 5 と同一のものについては、同一の符号を用いる。

#### 【0092】

図 6 (A) には、断面構造を示す。ホルダ 502 は、マスクホルダ 601、軸 602、基板ホルダ 603、制御機構 604 及び補助ピン 605 で構成されている。なお、マスクホルダ 601 上の突起 606 に合わせてメタルマスク 603 が固定され、メタルマスク 603 上に基板 604 が載せられている。なお、メタルマスク 603 上の基板 604 は、補助ピン 605 により固定されている。

#### 【0093】

図 6 (A) の領域 607 における上面図を図 6 (B) に示す。なお、基板 504 は、図 6 (A) または図 6 (B) に示すように基板ホルダ 603 により固定されている。

#### 【0094】

さらに、図 6 (B) を B-B' で切ったときの断面図を図 6 (C) に示す。図 6 (C) に示すメタルマスク 503 の位置が成膜時のものであるとすると、軸 602 を Z 軸方向に移動させた図 6 (D) に示すメタルマスク 503 の位置がアラ

イメント時のものである。

【0095】

図6 (D) の時には、軸602は、X軸、Y軸、Z軸方向への移動が可能であり、さらに、X-Y平面のZ軸に対する傾き( $\theta$ )の移動も可能である。なお、制御機構604は、CCDカメラにより得られた位置情報と予め入力されている位置情報から移動情報を出力するため、制御機構604と接続された軸602を介してマスクホルダの位置を所定の位置に合わせることができる。

【0096】

なお、メタルマスク503の領域608における拡大図を図6 (E) に示す。ここで用いるメタルマスク503は、異なる材料を用いて形成されるマスクa609とマスクb610からなる。なお、蒸着時には、これらの開口部611を通過した有機化合物が基板上に成膜される。これらの形状はマスクを用いて蒸着した際の成膜精度を向上させる様に工夫されており、マスクb610が基板504側になるようにして用いる。

【0097】

メタルマスク503のアライメントが終了したところで、Z軸方向に軸を移動させてメタルマスク503を再び図6 (C) の位置に移動させ、補助ピン605でメタルマスク503と基板504を固定させることにより、メタルマスク503のアライメントおよびメタルマスク503と基板504の位置合わせを完了させることができる。

【0098】

なお、本実施の形態において、メタルマスク503の開口部は正方形、長方形、円、または楕円形でも良く、これらがマトリクス状に配列されていてもデルタ配列であっても良い。その他、線状に形成されていても良い。

【0099】

図5における、第一の成膜室505には、複数の蒸発源506が設けられている。なお、蒸発源506は、有機化合物を備えておく材料室(図示せず)と材料室において気化した有機化合物が材料室の外に飛散するのを開閉により制御するシャッター(図示せず)により構成されている。

## 【 0 1 0 0 】

また、第一の成膜室 5 0 5 に備えられている複数の蒸発源 5 0 6 には、発光素子の有機化合物膜を構成する複数の異なった機能を有する有機化合物がそれぞれ備えられている。なお、ここでいう有機化合物とは、陽極から正孔を受け取る正孔注入性、電子移動度よりも正孔移動度の方が大きい正孔輸送性、正孔移動度よりも電子移動度の方が大きい電子輸送性、陰極から電子を受け取る電子注入性、正孔または電子の移動を阻止しうるブロッキング性、発光を呈する発光性、といった性質を有する有機化合物である。

## 【 0 1 0 1 】

なお、正孔注入性の高い有機化合物としては、フタロシアニン系の化合物が好ましく、正孔輸送性の高い有機化合物としては、芳香族ジアミン化合物が好ましく、また、電子輸送性の高い有機化合物としては、ベンゾキノリン骨格を含む金属錯体、またはオキサジアゾール誘導体、またはトリアゾール誘導体、またはフェナントロリン誘導体が好ましい。さらに、発光を呈する有機化合物としては、安定に発光するキノリン骨格を含む金属錯体、またはベンゾオキサゾール骨格を含む金属錯体、またはベンゾチアゾール骨格を含む金属錯体が好ましい。

## 【 0 1 0 2 】

また、第一の成膜室 5 0 5 には、複数の光源 5 1 3 が設けられている。なお、成膜中は、光源 5 1 3 から光が照射されるようになっている。

## 【 0 1 0 3 】

第一の成膜室 5 0 5 では、これらの蒸発源に備えられている有機化合物を図 4 で説明した方法により順番に蒸着することで複数の機能領域を有する第一の有機化合物膜（ここでは、赤）が形成される。

## 【 0 1 0 4 】

次に、基板 5 0 4 は第二のアライメント室 5 0 7 へ搬送される。第二のアライメント室 5 0 7 において、基板 5 0 4 とメタルマスク 5 0 3 を一度離してから、第二の有機化合物膜を成膜する位置に合うようにメタルマスク 5 0 3 のアライメントを行う。そして、アライメント終了後に再び基板 5 0 4 とメタルマスク 5 0 3 を重ねて固定する。

## 【 0 1 0 5 】

そして、基板 5 0 4 を第二の成膜室 5 0 8 へ搬送する。第二の成膜室 5 0 8 にも同様に複数の蒸発源が備えられており、第一の成膜室 5 0 5 と同様に複数の有機化合物を順番に用いて蒸着することにより、複数の機能を有する領域からなる第二の有機化合物膜（ここでは、緑）が形成される。なお、第二の成膜室 5 0 8 においても複数の光源が設けられており、成膜中は、光源から光が照射されるようになっている。

## 【 0 1 0 6 】

さらに、基板 5 0 4 を第三のアライメント室 5 0 9 へ搬送する。第三のアライメント室 5 0 9 において、基板 5 0 4 とメタルマスク 5 0 3 を一度離してから、第三の有機化合物膜を成膜する位置に合うようにメタルマスク 5 0 3 のアライメントを行う。アライメント終了後に再び基板 5 0 4 とメタルマスク 5 0 3 を重ねて固定する。

## 【 0 1 0 7 】

そして、基板 5 0 4 を第三の成膜室 5 1 0 へ搬送する。第三の成膜室 5 1 0 にも同様に複数の蒸発源が備えられており、他の成膜室と同様に複数の有機化合物を順番に用いて蒸着することにより、複数の機能を有する領域からなる第三の有機化合物膜（ここでは、青）が形成される。なお、第三の成膜室 5 1 0 においても複数の光源が設けられており、成膜中は、光源から光が照射されるようになっている。

## 【 0 1 0 8 】

最後に、基板 5 0 4 は、アンロード室 5 1 1 に搬送され、成膜装置の外部に取り出される。

## 【 0 1 0 9 】

このように、異なる有機化合物膜を形成するたびにアライメント室においてメタルマスク 5 0 3 のアライメントを行うことにより、同一装置内で、複数の有機化合物膜を形成することができる。このように、一つの有機化合物膜を形成する機能領域は同一の成膜室において成膜されるため、機能領域の間における不純物汚染を避けることができる。さらに本成膜装置において、異なる機能領域の間に

混合領域を形成することが可能であるため、明瞭な積層構造を示すことなく複数の機能を有する発光素子を作製することができる。

#### 【0110】

なお、本実施の形態においては、有機化合物膜の形成までを行う装置について示したが、本発明の成膜装置はこの構成に限られることはなく、有機化合物膜上に形成される陰極を形成する成膜室や、発光素子を封止することが可能である処理室が設けられる構成であっても良い。また、赤、緑、青色の発光を示す有機化合物膜が成膜される順番は、どのような順番であっても良い。

#### 【0111】

さらに、本実施の形態において示した、アライメント室および成膜室をクリーニングするための手段を設けても良い。なお、図5の領域512において、このような手段を設ける場合には、図7に示すようなクリーニング予備室513を設けることができる。

#### 【0112】

クリーニング予備室513において、 $\text{NF}_3$ や $\text{CF}_4$ といった反応性のガスを分解してラジカルを発生させ、これを第二のアライメント室507に導入することにより、第二のアライメント室507でのクリーニングが可能となる。なお、第二のアライメント室507に予め使用済みのメタルマスクを備えておくことにより、メタルマスクのクリーニングを行うことができる。また、ラジカルを第二の成膜室508に導入することにより第二の成膜室508の内部をクリーニングすることもできる。なお、第二のアライメント室507及び第二の成膜室508には、クリーニング予備室513が、それぞれゲート（図示せず）を介して連結されており、ラジカルを導入する際にゲートが開くようにしておけばよい。

#### 【0113】

##### 【実施例】

##### 〔実施例1〕

本発明の成膜装置をインライン方式とした場合について図8を用いて説明する。図8において701はロード室であり、基板の搬送はここから行われる。なお、本実施例において基板とは、基板上に発光素子の陽極もしくは陰極まで（本実

施例では陽極まで) 形成されたもののことをいう。また、ロード室701には排気系700aが備えられ、排気系700aは第1バルブ71、クライオポンプ72、第2バルブ73、第3バルブ74及びドライポンプ75を含んだ構成からなっている。

#### 【0114】

また、成膜室内の到達真空度は $10^{-6}$  Pa以下であることが望ましいことから、排気速度は $100001/s$ 以上の排気ポンプを用いることが望ましい。

#### 【0115】

また、本実施例において、ゲートで遮断されたロード室、アライメント室、成膜室、封止室及びアンロード室等の各処理室の内部に用いる材料としては、その表面積を小さくすることで酸素や水等の不純物の吸着性を小さくすることができるので、電解研磨を施して鏡面化させたアルミニウムやステンレス(SUS)等の材料を内部壁面に用い、また、気孔がきわめて少なくなるように処理されたセラミックス等の材料からなる内部部材を用いる。なお、これらの材料は平均面粗さが5 nm以下(好ましくは3 nm以下)となるような表面平滑性を有する。なお、ここでいう平均面粗さとは、JIS B0601で定義されている中心線平均粗さを面に対して適用できるよう三次元に拡張したものをいう。

#### 【0116】

その他にも、ガスと反応しやすい材料を用いて成膜室の内壁に活性な表面を形成する方法もある。この場合の材料としては、Ti、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo、W、La、Baなどを用いるとよい。

#### 【0117】

第1バルブ71は、ゲート弁を有するメインバルブであるが、コンダクタンスバルブを兼ねてバタフライバルブを用いる場合もある。第2バルブ73および第3バルブ74はフォアバルブであり、まず第2バルブ73を開けてドライポンプ75によりロード室701を粗く減圧し、次に第1バルブ71及び第3バルブ74を空けてクライオポンプ72でロード室701を高真空まで減圧する。なお、クライオポンプの代わりにターボ分子ポンプやメカニカルブースターポンプを用いても良いし、メカニカルブースターポンプで真空度を高めてからクライオポン

プを用いても良い。

#### 【0118】

次に、702で示されるのはアライメント室である。ここでは、次に搬送される成膜室での成膜のためにメタルマスクのアライメントとメタルマスク上への基板の配置が行われ、アライメント室(A)702と呼ぶ。なお、ここでのアライメントの方法については、図4で説明した方法で行えばよい。なお、アライメント室(A)702は排気系700bを備えている。また、ロード室701とは図示しないゲートで密閉遮断されている。

#### 【0119】

さらに、アライメント室(A)702は、クリーニング予備室713aを設けており、 $\text{NF}_3$ や $\text{CF}_4$ といった反応性のガスを分解してラジカルを発生させ、これをアライメント室(A)702に導入することにより、アライメント室(A)702でのクリーニングが可能となる。なお、アライメント室(A)702に予め使用済みのメタルマスクを備えておくことにより、メタルマスクのクリーニングを行うことができる。

#### 【0120】

次に、703は蒸着法により第一の有機化合物膜を成膜するための成膜室であり、成膜室(A)と呼ぶ。成膜室(A)703は排気系700cを備えている。また、アライメント室(A)702とは図示しないゲートで密閉遮断されている。

#### 【0121】

また、成膜室(A)703は、アライメント室(A)702と同様にクリーニング予備室713bを設けている。なお、ここでは $\text{NF}_3$ や $\text{CF}_4$ といった反応性のガスを分解することにより発生させたラジカルを成膜室(A)703に導入することにより成膜室(A)703の内部をクリーニングすることができる。

#### 【0122】

本実施例では成膜室(A)703として図4に示した構造の成膜室を設け、赤色の発光を示す第一の有機化合物膜を成膜する。また、蒸発源としては、正孔注入性の有機化合物を備えた第一の蒸発源と、正孔輸送性の有機化合物を備えた第

二の蒸発源と、発光性を有する有機化合物のホストとなる正孔輸送性の有機化合物を備えた第三の蒸発源と、発光性を有する有機化合物を備えた第四の蒸発源と、ブロッキング性を有する有機化合物を備えた第五の蒸発源と、電子輸送性の有機化合物を備えた第六の蒸発源が備えられている。また、成膜室（A）703において、複数の光源714が設けられており、成膜中は、光源714から光が照射されるようになっている。

## 【0123】

なお、光源としては、波長184.9nmもしくは、253.7nmの低圧水銀灯や希ガス共鳴線や（Kr：123.6nm、116.5nm、Xe：147.0nm、129.5nm）やその他の低圧金属蒸気ランプ（Cd：326.1nm、228.8nm、Zn：307.6nm、213.9nm）を用いることができるが、

本実施例において、光源714として低圧水銀灯を用いており、照射される光は、184.9nmの波長である。

## 【0124】

また、本実施例においては、第一の蒸発源に備える正孔注入性の有機化合物として、銅フタロシアニン（以下、Cu-Pcと示す）、第二の蒸発源に備える正孔輸送性の有機化合物として、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニル-アミノ]-ビフェニル（以下、 $\alpha$ -NPDと示す）、第三の蒸発源に備えるホストとなる有機化合物（以下、ホスト材料という）として、4,4'-ジカルバゾール-ビフェニル（以下、CBPと示す）、第四の蒸発源に備える発光性の有機化合物として、2,3,7,8,12,13,17,18-オクタエチル-21H、23H-ポルフィリン-白金（以下、PtOEPと示す）、第五の蒸発源に備えるブロッキング性の有機化合物として、バソキュプロイン（以下、BCPと示す）、第六の蒸発源に備える電子輸送性の有機化合物として、トリス（8-キノリノラト）アルミニウム（以下、Alq<sub>3</sub>と示す）を用いる。

## 【0125】

なお、これらの有機化合物を順に蒸着していくことにより、陽極上に正孔注入性、正孔輸送性、発光性、ブロッキング性および電子輸送性の機能を有する領域



からなる有機化合物膜を形成することができる。

#### 【0126】

また、本実施例においては、異なる機能領域の界面には、両方の機能領域を形成する有機化合物を同時に蒸着することにより混合領域を形成する。つまり、正孔注入性領域と正孔輸送性領域との界面、正孔輸送性領域と発光性領域を含む正孔輸送性領域の界面、発光性領域を含む正孔輸送性領域とブロッキング性領域の界面、ブロッキング性領域の界面と電子輸送性領域の界面にそれぞれ混合領域を形成している。

#### 【0127】

具体的には、Cu-Pcを15nmの膜厚に成膜して第一の機能領域を形成した後、Cu-Pcと $\alpha$ -NPDとを同時に蒸着することにより5～10nmの膜厚で第一の混合領域を形成し、 $\alpha$ -NPDを40nmの膜厚で成膜して第二の機能領域を形成し、 $\alpha$ -NPD、CBPを同時に蒸着することにより5～10nmの膜厚で第二の混合領域を形成した後、CBPを25～40nmの膜厚で成膜して、第三の機能領域を形成するが、第三の機能領域を形成する全ての期間もしくは、一定期間にCBPとPtOEPとを同時に蒸着することにより、第三の機能領域全体、もしくは一部に第三の混合領域を形成する。第三の混合領域は5～40nmの膜厚で形成される。なお、ここでは、第三の混合領域が発光性を有する。次に、CBPとBCPを5～10nmの膜厚で同時に蒸着することにより第四の混合領域を形成した後、BCPを8nmの膜厚で成膜することにより、第四の機能領域を形成する。さらに、BCPとAlq<sub>3</sub>を同時に蒸着することにより5～10nmの膜厚で第五の混合領域を形成する。最後にAlq<sub>3</sub>を25nmの膜厚で形成することにより、第五の機能領域を形成することができ、以上により、第一の有機化合物膜を形成する。

#### 【0128】

なお、ここでは第一の有機化合物膜として、6種類の機能の異なる有機化合物を6つの蒸発源にそれぞれ備えておき、これらを蒸着して有機化合物膜を形成する場合について説明したが、本発明は、これに限られることはなく複数であればよい。また、一つの蒸発源に備えられる有機化合物は必ずしも一つである必要は

なく、複数であっても良い。例えば、蒸発源に発光性の有機化合物として備えられている一種類の材料の他に、ドーパントとなりうる別の有機化合物と一緒に備えておいても良い。なお、これらの複数の機能を有し、赤色発光を示す有機化合物膜を形成する有機化合物としては公知の材料を用いれば良い。

## 【 0 1 2 9 】

なお、蒸発源は、マイクロコンピュータによりその成膜速度を制御できるようにしておくが良い。また、これにより、同時に複数の有機化合物を成膜する際の混合比率を制御することができるようにしておくとうい。

## 【 0 1 3 0 】

次に、706で示されるのはアライメント室である。ここでは、次に搬送される成膜室での成膜のためにメタルマスクのアライメントとメタルマスク上への基板の配置が行われ、アライメント室(B)706と呼ぶ。なお、ここでのアライメントの方法については、図6で説明した方法で行えばよい。なお、アライメント室(B)706は排気系700dを備えている。また、成膜室(A)703とは図示しないゲートで密閉遮断されている。さらにアライメント室(A)702と同様に図示しないゲートで密閉遮断されたクリーニング予備室713cを備えている。

## 【 0 1 3 1 】

次に、707は蒸着法により第二の有機化合物膜を成膜するための成膜室であり、成膜室(B)と呼ぶ。成膜室(B)707は排気系700eを備えている。また、アライメント室(B)706とは図示しないゲートで密閉遮断されている。さらに成膜室(A)703と同様に図示しないゲートで密閉遮断されたクリーニング予備室713dを備えている。

## 【 0 1 3 2 】

本実施例では成膜室(B)707として図4に示した構造の成膜室を設け、緑色の発光を示す第二の有機化合物膜を成膜する。また、蒸発源としては、正孔注入性の有機化合物を備えた第一の蒸発源と、正孔輸送性の有機化合物を備えた第二の蒸発源と第三の蒸発源、正孔輸送性のホスト材料を備えた第四の蒸発源と、発光性の有機化合物を備えた第五の蒸発源と、ブロッキング性を有する有機化合

物を備えた第六の蒸発源と、電子輸送性の有機化合物を備えた第七の蒸発源が備えられている。また、成膜室（A）703において、複数の光源714が設けられており、成膜中は、光源714から光が照射されるようになっている。なお、成膜室（B）707にも光源として低圧水銀灯が備えられており、184.9 nmの波長の光が照射されるようになっている。

## 【0133】

また、本実施例においては、第一の蒸発源に備える正孔注入性の有機化合物として、Cu-Pc、第二の蒸発源に備える正孔輸送性の有機化合物として、MTDATA、第三の蒸発源に備える正孔輸送性の有機化合物として、 $\alpha$ -NPD、第四の蒸発源に備える正孔輸送性のホスト材料としてCBP、第五の蒸発源に備える発光性の有機化合物としてトリス（2-フェニルピリジン）イリジウム（Ir(ppy)<sub>3</sub>）、第六の蒸発源に備えるブロッキング性の有機化合物として、BCP、第七の蒸発源に備える電子輸送性の有機化合物として、Alq<sub>3</sub>を用いる。

## 【0134】

なお、これらの有機化合物を順に蒸着していくことにより、陽極上に正孔注入性、正孔輸送性、発光性、ブロッキング性、および電子輸送性の機能を有する領域からなる第二の有機化合物膜を形成することができる。

## 【0135】

また、本実施例においては、異なる機能領域の界面には、両方の機能領域を形成する有機化合物を同時に蒸着することにより混合領域を形成する。つまり、正孔注入層と正孔輸送層の界面、正孔輸送性領域と発光性領域を含む正孔輸送性領域の界面、発光性領域を含む正孔輸送性領域とブロッキング性領域との界面、ブロッキング性領域と電子輸送性領域の界面にそれぞれ混合領域を形成している。

## 【0136】

具体的には、Cu-Pcを10 nmの膜厚に成膜して第一の機能領域を形成した後、Cu-PcとMTDATAとを同時に蒸着することにより5～10 nmの膜厚で第一の混合領域を形成し、MTDATAを20 nmの膜厚に成膜して、第二の機能領域を形成し、MTDATAと $\alpha$ -NPDとを同時に蒸着することによ

り 5 ～ 1 0 n m の膜厚で第二の混合領域を形成し、 $\alpha$ -NPD を 1 0 n m の膜厚に成膜して、第三の機能領域を形成し、 $\alpha$ -NPD と CBP とを同時に蒸着することにより 5 ～ 1 0 n m の膜厚で第三の混合領域を形成し、CBP を 2 0 ～ 4 0 n m の膜厚に成膜して、第四の機能領域を形成し、第四の機能領域を形成する全ての期間もしくは、一定期間に CBP と  $(Ir(ppy)_3)$  とを同時に蒸着することにより、第四の機能領域全体、もしくは一部に第四の混合領域を形成する。第四の混合領域は 5 ～ 4 0 n m の膜厚で形成される。なお、ここでは、第四の混合領域が発光性を有する。次に、CBP と BCP を同時に蒸着することにより 5 ～ 1 0 n m の膜厚で第五の混合領域を形成した後、BCP を 1 0 n m の膜厚に成膜することにより、第五の機能領域を形成する。さらに、BCP と  $Alq_3$  を同時に蒸着することにより 5 ～ 1 0 n m の膜厚で第六の混合領域を形成する。最後に  $Alq_3$  を 4 0 n m の膜厚で形成することにより、第六の機能領域を形成することができ、以上により、第二の有機化合物膜を形成する。

## 【 0 1 3 7 】

なお、ここでは第二の有機化合物膜として、機能の異なる有機化合物を 7 つの蒸発源にそれぞれ備えておき、これらを蒸着して有機化合物膜を形成する場合について説明したが、本発明は、これに限られることはなく複数であればよい。なお、これらの複数の機能を有し、緑色発光を示す有機化合物膜を形成する有機化合物としては公知の材料を用いれば良い。

## 【 0 1 3 8 】

なお、蒸発源は、マイクロコンピュータによりその成膜速度を制御できるようにしておくが良い。また、これにより、同時に複数の有機化合物を成膜する際の混合比率を制御することができるようにしておくが良い。

## 【 0 1 3 9 】

次に、708 で示されるのはアライメント室である。ここでは、次に搬送される成膜室での成膜のためにメタルマスクのアライメントとメタルマスク上への基板の配置が行われ、アライメント室 (C) 708 と呼ぶ。なお、ここでのアライメントの方法については、図 6 で説明した方法で行えばよい。なお、アライメント室 (C) 708 は排気系 700 f を備えている。また、成膜室 (B) 707 と

は図示しないゲートで密閉遮断されている。さらにアライメント室 (A) 7 0 2 と同様に図示しないゲートで密閉遮断されたクリーニング予備室 7 1 3 e を備えている。

#### 【 0 1 4 0 】

次に、7 0 9 は蒸着法により第三の有機化合物膜を成膜するための成膜室であり、成膜室 (C) と呼ぶ。成膜室 (C) 7 0 9 は排気系 7 0 0 g を備えている。また、アライメント室 (C) 7 0 8 とは図示しないゲートで密閉遮断されている。さらに成膜室 (A) 7 0 3 と同様に図示しないゲートで密閉遮断されたクリーニング予備室 7 1 3 f を備えている。

#### 【 0 1 4 1 】

本実施例では成膜室 (C) 7 0 9 して図 4 に示した構造の成膜室を設け、青色発光を示す第三の有機化合物膜を成膜する。また、蒸発源としては、正孔注入性の有機化合物を備えた第一の蒸発源と、発光性を有する有機化合物を備えた第二の蒸発源と、ブロッキング性を有する有機化合物を備えた第三の蒸発源と、電子輸送性の有機化合物を備えた第四の蒸発源が備えられている。なお、成膜室 (C) 7 0 9 にも光源として低圧水銀灯が備えられており、1 8 4 . 9 n m の波長の光が照射されるようになっている。

#### 【 0 1 4 2 】

また、本実施例においては、第一の蒸発源に備える正孔注入性の有機化合物として、C u - P c、第二の蒸発源に備える発光性の有機化合物として、 $\alpha$  - N P D、第三の蒸発源に備えるブロッキング性の有機化合物として、B C P、第四の蒸発源に備える電子輸送性の有機化合物として、A l q<sub>3</sub>を用いる。

#### 【 0 1 4 3 】

なお、これらの有機化合物を順に蒸着していくことにより、陽極上に正孔注入性、発光性、ブロッキング性および電子輸送性の機能を有する領域からなる第三の有機化合物膜を形成することができる。

#### 【 0 1 4 4 】

また、本実施例においては、異なる機能領域の界面には、両方の機能領域を形成する有機化合物を同時に蒸着することにより混合領域を形成する。つまり、正

孔注入性領域と発光性領域の界面、および発光性領域とブロッキング性領域との界面、ブロッキング性領域と電子輸送性領域との界面、にそれぞれ混合領域を形成している。

#### 【0145】

具体的には、Cu-Pcを20nmの膜厚に成膜して第一の機能領域を形成した後、Cu-Pcと $\alpha$ -NPDとを同時に蒸着することにより5～10nmの膜厚で第一の混合領域を形成し、 $\alpha$ -NPDを40nmの膜厚で成膜して第二の機能領域を形成し、 $\alpha$ -NPDとBCPを同時に蒸着することにより5～10nmの膜厚で第二の混合領域を形成し、BCPを10nmの膜厚に成膜して第三の機能領域を形成し、BCPとAlq<sub>3</sub>を同時に蒸着することにより5～10nmの膜厚で第三の混合領域を形成し、最後にAlq<sub>3</sub>を40nmの膜厚で形成することにより、第四の機能領域を形成することができ、以上により、第三の有機化合物膜を形成する。

#### 【0146】

なお、ここでは第三の有機化合物膜として、4種類の機能の異なる有機化合物を4つの蒸発源にそれぞれ備えておき、これらを順に蒸着して有機化合物膜を形成する場合について説明したが、本発明は、これに限られることはなく複数であればよい。また、一つの蒸発源に備えられる有機化合物は必ずしも一つである必要はなく、複数であっても良い。例えば、蒸発源に発光性の有機化合物として備えられている一種類の材料の他に、ドーパントとなりうる別の有機化合物を一緒に備えておいても良い。なお、これらの複数の機能を有し、青色発光を示す有機化合物膜を形成する有機化合物としては公知の材料を用いれば良い。

#### 【0147】

なお、蒸発源は、マイクロコンピュータによりその成膜速度を制御できるようにしておくが良い。また、これにより、同時に複数の有機化合物を成膜する際の混合比率を制御することができるようにしておくとい。

#### 【0148】

また、本実施例においては、第一の成膜室である成膜室(A)703において、赤色の発光を示す有機化合物膜を形成し、第二の成膜室である成膜室(B)7

07において、緑色の発光を示す有機化合物膜を形成し、第三の成膜室である成膜室(C)710において、青色の発光を示す有機化合物膜を形成する場合について説明したが、形成される順番はこれに限られることはなく、成膜室(A)703、成膜室(B)707、成膜室(C)710において、赤色の発光を示す有機化合物膜、緑色の発光を示す有機化合物膜、青色の発光を示す有機化合物膜のいずれかが形成されればよい。さらに、もう一つ成膜室を設けて白色発光を示す有機化合物膜を形成されるようにしても良い。

## 【0149】

次に、710は蒸着法により発光素子の陽極もしくは陰極となる導電膜（本実施例では陰極となる金属膜）を成膜するための成膜室であり、成膜室(D)と呼ぶ。成膜室(D)710は排気系800hを備えている。また、成膜室(C)709とは図示しないゲートで密閉遮断されている。さらに成膜室(A)703と同様に図示しないゲートで密閉遮断されたクリーニング予備室713gを備えている。

## 【0150】

本実施例では、成膜室(D)710において、発光素子の陰極となる導電膜としてAl-Li合金膜（アルミニウムとリチウムとの合金膜）を蒸着法により成膜する。なお、周期表の1族もしくは2族に属する元素とアルミニウムとを共蒸着することも可能である。

## 【0151】

また、成膜室(A)703、成膜室(B)707、成膜室(C)709及び成膜室(D)710には、各成膜室内を加熱する機構を備えておく。これにより、成膜室内の不純物の一部を除去することができる。

## 【0152】

さらにこれらの成膜室に備える排気ポンプとしては、ドライポンプ、メカニカルブースターポンプ、ターボ分子ポンプ（磁気浮上型）もしくはクライオポンプなどを用いることが可能であるが、本実施例ではクライオポンプ及びドライポンプの両方を用いるのが望ましい。

## 【0153】

また、成膜室（A）703、成膜室（B）707、成膜室（C）709及び成膜室（D）710は、排気ポンプにより減圧される。なお、この時の到達真空度は $10^{-6}$  Pa以上であることが望ましく、例えば、排気速度が $100001/s$ （ $H_2O$ ）のクライオポンプを用いて、成膜室内部の表面積が $10m^2$ であるときに、リーク速度が20時間で $4.1 \times 10^{-7} Pa \cdot m^3 \cdot s^{-1}$ 以下であるアルミニウムのような材料を用いて成膜室内部を形成することが望ましく、この様な真空度を得るためには、成膜室内部を電解研磨により表面積を小さくすることが効果的である。

## 【0154】

また、ここでCVD室を設けて、窒化珪素膜、酸化珪素膜及びDLC膜等の絶縁膜を発光素子の保護膜（パッシベーション膜）として形成させてもよい。なお、CVD室を設ける場合には、CVD室で用いる材料ガスを予め高純度化するためのガス精製機を設けておくが良い。

## 【0155】

次に、711は封止室であり、排気系700iを備えている。また、成膜室（D）710とは図示しないゲートで密閉遮断されている。なお、封止室711は真空状態になっており、陰極まで形成された発光素子を有する基板が複数封止室に搬送されたところで、ゲートを閉じ、封止室711を不活性ガス（窒素、ヘリウム、アルゴンなど）を用いて大気圧状態にして、最終的に発光素子を密閉空間に封入するための処理が行われる。なお、封止室711に搬送機構（図示せず）を設けておき、成膜室（D）710からの基板の搬出を行う。ここでの封止処理は形成された発光素子を酸素や水分から保護するための処理であり、カバー材で機械的に封入する、又は熱硬化性樹脂もしくは紫外光硬化性樹脂で封入するといった手段を用いる。

## 【0156】

また、封止室には、カバー材が予め備えられているが、カバー材としては、ガラス、セラミックス、プラスチックもしくは金属を用いることができるが、カバー材側に光を放射させる場合は透光性でなければならない。また、カバー材と上記発光素子が形成された基板とは熱硬化性樹脂又は紫外光硬化性樹脂等のシール



材を用いて貼り合わせられ、熱処理又は紫外光照射処理によって樹脂を硬化させて密閉空間を形成する。この密閉空間の中に酸化バリウムに代表される吸湿材を設けることも有効である。なお、発光素子が形成された基板とカバー材の張り合わせは、CCDカメラに接続された位置合わせ機構により、位置合わせをした後に行う。さらに、シール剤の塗布および吸湿剤の添加を自動的に処理する機構も設けられている。

## 【 0 1 5 7 】

また、カバー材と発光素子の形成された基板との空間を熱硬化性樹脂もしくは紫外光硬化性樹脂で充填することも可能である。この場合、熱硬化性樹脂もしくは紫外光硬化性樹脂の中に酸化バリウムに代表される吸湿材を添加しておくことは有効である。

## 【 0 1 5 8 】

図 8 に示した成膜装置では、封止室 7 1 1 の内部に紫外光を照射するための機構（以下、紫外光照射機構という）が設けられており、この紫外光照射機構から発した紫外光によって紫外光硬化性樹脂を硬化させる構成となっている。

## 【 0 1 5 9 】

最後に、7 1 2 はアンロード室であり、排気系 8 0 0 j を備えている。発光素子が形成された基板はここから取り出される。

## 【 0 1 6 0 】

さらに、本実施例で示した成膜装置が有する成膜室に有機化合物を交換できるような機能を設けた場合について図 9（A）及び（B）に示し、さらに封止室 7 1 1 の詳細な構造について図 9（C）に示す。

## 【 0 1 6 1 】

図 9（A）において、成膜室 8 0 1 には、基板 8 0 2 が備えられている。そして、基板上に有機化合物膜を形成するための有機化合物は蒸発源 8 0 3 に備えられている。なお、ここで蒸発源 8 0 3 は、ゲート 8 0 5 を介して基板が備えられている成膜室 8 0 1 と分離される材料交換室 8 0 4 に備えられている。従って、本実施例では、ゲート 8 0 5 を閉じることにより材料交換室 8 0 4 は成膜室 8 0 1 と分離され、真空状態にある材料交換室 8 0 4 の内部を排気系 8 0 8 により大

気圧に戻してから、これを図 9 (A) に示すように引き出すことで、材料交換室 8 0 4 の蒸発源に備えられている有機化合物を追加または、交換することができる。

#### 【 0 1 6 2 】

そして、有機化合物の追加または交換が終了したら、図 9 (B) に示すように材料交換室 8 0 4 を再び元に戻し、排気系 8 0 6 により内部を真空状態にして、成膜室内と同じ圧力状態になってから、ゲート 8 0 5 を開くことにより、蒸発源 8 0 3 から基板 8 0 2 への蒸着が可能となる。

#### 【 0 1 6 3 】

なお、材料交換室 8 0 4 には、交換した材料を加熱するヒーターが設けられている。予め材料を加熱することで水等の不純物を除去することができる。この時加える温度は 2 0 0 ℃ 以下であることが望ましい。

#### 【 0 1 6 4 】

また、図 9 (C) に示すように封止室 7 1 1 には、複数の処理機構が備えられている。まず、ストック位置 8 1 1 には、封止の際に用いるカバー材が複数備えられている。また、封止処理を行うための基板が成膜室 (D) 7 1 0 から、搬送機構 (A) 8 1 2 により搬送され、保管場所 8 1 3 に一時的に保管される。

#### 【 0 1 6 5 】

保管場所 8 1 3 に基板がある一定量蓄積されたところで、封止室は、ゲートで密閉空間にされた後、不活性ガス（窒素、アルゴン、ヘリウム等）により大気圧状態にされる。

#### 【 0 1 6 6 】

封止室が、大気圧状態になったところで、基板が一枚ずつ処理される。まず、搬送機構 (A) 8 1 2 により保管位置 8 1 3 から位置合わせ機構 8 1 4 に基板が搬送される。このとき、基板上にシール剤及び吸湿剤が備えられ、ストック位置 8 1 1 からカバー材が搬送機構 (B) 8 1 5 により、位置合わせ機構 8 1 4 に搬送され、基板との貼り合わせが行われる。

#### 【 0 1 6 7 】

次に、紫外線照射機構（図示せず）から紫外線を照射することにより、基板の

封止が完了する。基板の封止が完了したら、搬送機構（C）816により、アンロード室712に搬送され、取り出される。

#### 【0168】

以上のように、図8（または図9）に示した成膜装置を用いることで完全に発光素子を密閉空間に封入するまで外気に晒さずに済むため、信頼性の高い発光装置を作製することが可能となる。

#### 【0169】

##### 〔実施例2〕

本発明の成膜装置について図10を用いて説明する。図10において、901は搬送室であり、搬送室901には搬送機構（A）902が備えられ、基板903の搬送が行われる。搬送室901は減圧雰囲気になっており、各処理室とはゲートによって連結されている。各処理室への基板の受け渡しは、ゲートを開けた際に搬送機構（A）902によって行われる。また、搬送室901を減圧するには、ドライポンプ、メカカルブースターポンプ、ターボ分子ポンプ（磁気浮上型）もしくはクライオポンプなどの排気ポンプを用いることが可能であるが、水分等の除去に優れているクライオポンプをドライポンプと組み合わせて用いるのが好ましい。

#### 【0170】

以下に、各処理室についての説明を行う。なお、搬送室901は減圧雰囲気となるので、搬送室901に直接的に連結された処理室には全て排気ポンプ（図示せず）が備えられている。排気ポンプとしては上述のドライポンプ、メカカルブースターポンプ、ターボ分子ポンプ（磁気浮上型）もしくはクライオポンプが用いられるが、ここでもクライオポンプをドライポンプと組み合わせて用いるのが好ましい。

#### 【0171】

まず、904は基板のセッティング（設置）を行うロード室である。ロード室904はゲート900aにより搬送室901と連結され、ここに基板903をセットしたキャリア（図示せず）が配置される。なお、ロード室904は、素子形成まで終了した基板を封止室への搬送室の役割も兼ねる。なお、ロード室904

は基板搬入用と基板搬送用とで部屋が区別されていても良い。また、ロード室 9 0 4 は上述の排気ポンプと高純度の窒素ガスまたは希ガスを導入するためのパージラインを備えている。なお、排気ポンプとしては、クライオポンプが望ましい。さらに、このパージラインには、ガス精製機が備えられており、装置内に導入されるガスの不純物（酸素や水）が予め除去されるようになっている。

## 【 0 1 7 2 】

なお、本実施例では基板 9 0 3 として、発光素子の陽極となる透明導電膜まで形成した基板を用いる。本実施例では基板 9 0 3 を、被成膜面を下向きにしてキャリアにセットする。これは後に蒸着法による成膜を行う際に、フェイスダウン方式（デポアップ方式ともいう）を行いやすくするためである。フェイスダウン方式とは、基板の被成膜面が下を向いた状態で成膜する方式をいい、この方式によればゴミの付着などを抑えることができる。

## 【 0 1 7 3 】

次に、9 0 5 で示されるのはメタルマスクのアライメント及び発光素子の陽極もしくは陰極（本実施例では陽極）まで形成された基板とメタルマスクの位置合わせを行うアライメント室であり、アライメント室 9 0 5 はゲート 9 0 0 b により搬送室 9 0 1 と連結される。なお、異なる有機化合物膜を形成するたびにアライメント室においてメタルマスクのアライメント及び基板とメタルマスクの位置合わせが行われる。また、アライメント室 9 0 5 には、イメージセンサーとして知られている CCD (Charge Coupled Device) を備えておくことにより、メタルマスクを用いて成膜を行う際に基板とメタルマスクの位置合わせを精度良く行うことを可能にする。なお、メタルマスクのアライメント法については、図 6 を用いればよい。

## 【 0 1 7 4 】

さらに、アライメント室 9 0 5 には、クリーニング予備室 9 2 2 a が連結されている。クリーニング予備室 9 2 2 a の構成は、図 1 0 (B) に示すとおりである。まず  $\mu$  波を発生させる  $\mu$  波発振器 9 3 1 を有し、ここで発生した  $\mu$  波は導波管 9 3 2 を通ってプラズマ放電管 9 3 3 に送られる。なお、ここで用いる  $\mu$  波発振器 9 3 1 からは、約 2 . 4 5 G H z の  $\mu$  波が放射される。また、プラズマ放電

管 933 には、ガス導入管 934 から反応性ガスが供給される。なお、ここでは反応性ガスとして、 $\text{NF}_3$  を用いる。但し、 $\text{CF}_4$  や  $\text{ClF}_3$  などの他の反応性ガスを用いても良い。

## 【0175】

そして、プラズマ放電管 933 において反応性ガスが  $\mu$  波により分解されてラジカルが発生する。このラジカルは、ガス導入管 934 を通り、ゲート（図示せず）を介して連結されたアライメント室 905 に導入される。なお、プラズマ放電管 933 には、効率よく  $\mu$  波を供給するために反射板 935 を設けておくが良い。

## 【0176】

そして、アライメント室 905 には、有機化合物膜が付着したメタルマスクを備えておく。そして、クリーニング予備室 922a とアライメント室 905 の間に設けられているゲート（図示せず）を開くことにより、アライメント室 905 にラジカルを導入することができる。これにより、メタルマスクのクリーニングを行うことができる。

## 【0177】

$\mu$  波プラズマを用いることで、反応性ガスのラジカル化を高い効率で行うことができるため、副生成物等の不純物の発生確率が低い。また、通常のラジカル発生と機構が異なるため、発生したラジカルが加速されることも無く、さらに成膜室内部でラジカルを発生させないことからプラズマによる成膜室内部、また、メタルマスクのダメージを防ぐことができる。

## 【0178】

なお、このような方法を用いてアライメント室をクリーニングするのは好ましい形態の一つであるため、この方法に限られることはない。従って、成膜室内に反応性ガスを導入して、成膜室内でプラズマを発生させてドライクリーニングを行っても良いし、Ar ガス等を導入してスパッタ法による物理的なクリーニングを行っても良い。

## 【0179】

次に、906 は蒸着法により有機化合物膜を成膜するための成膜室であり、成

膜室（A）と呼ぶ。成膜室（A）906はゲート900cを介して搬送室901に連結される。本実施例では成膜室（A）906として図4に示した構造の成膜室を設けている。

#### 【0180】

本実施例では、成膜室（A）906内の成膜部907において、赤色に発光する第一の有機化合物膜を成膜する。成膜室（A）906内には複数の蒸発源が備えられており、具体的には、正孔注入性の有機化合物を備えた第一の蒸発源と、正孔輸送性の有機化合物を備えた第二の蒸発源と、発光性を有する有機化合物のホストとなる正孔輸送性の有機化合物を備えた第三の蒸発源と、発光性を有する有機化合物を備えた第四の蒸発源と、ブロッキング性を有する有機化合物を備えた第五の蒸発源と、電子輸送性の有機化合物を備えた第六の蒸発源が備えられている。

#### 【0181】

なお、これらの有機化合物を順に蒸着していくことにより、陽極上に正孔注入性、正孔輸送性、発光性、ブロッキング性および電子輸送性の機能を有する領域からなる有機化合物膜を形成することができる。

#### 【0182】

また、成膜室（A）906には、光源として低圧水銀灯が備えられており、184.9nmの波長の光が照射されるようになっている。

#### 【0183】

また、本実施例においては、異なる機能領域の界面には、両方の機能領域を形成する有機化合物を同時に蒸着することにより混合領域を形成する。つまり、正孔注入性領域と正孔輸送性領域との界面、正孔輸送性領域と発光性領域を含む正孔輸送性領域の界面、発光性領域を含む正孔輸送性領域とブロッキング性領域の界面、ブロッキング性領域の界面と電子輸送性領域の界面にそれぞれ混合領域を形成している。

#### 【0184】

なお、ここでは第一の有機化合物膜として、6種類の異なる有機化合物を6つの蒸発源にそれぞれ備えておき、これらを順に蒸着して有機化合物膜を形成する

場合について説明したが、本発明は、これに限られることはなく複数であればよい。また、一つの蒸発源に備えられる有機化合物は必ずしも一種類である必要はなく、複数種であっても良い。例えば、蒸発源に発光性の有機化合物として備えられている一種類の材料の他に、ドーパントとなりうる別の有機化合物と一緒に備えておいても良い。なお、これらの複数の機能を有し、赤色発光を示す有機化合物膜を形成する有機化合物としては、実施例 1 で示したものをを用いることができるが、公知の材料を自由に組み合わせて用いても良い。

## 【 0 1 8 5 】

また、成膜室 (A) 9 0 6 はゲート 9 0 0 g を介して材料交換室 9 1 4 に連結される。なお、材料交換室 9 1 4 には、交換した有機化合物を加熱するヒーターが設けられている。予め有機化合物を加熱することで水等の不純物を除去することができる。この時加える温度は 2 0 0 ℃ 以下であることが望ましい。また、材料交換室 9 1 4 には、内部を減圧状態にすることができる排気ポンプが備えられているので、外部から有機化合物を追加または交換して加熱処理した後、内部を減圧状態にする。そして、成膜室内と同じ圧力状態になったところでゲート 9 0 0 g を開け、成膜室内部の蒸発源に有機化合物を備えることができるようになっている。なお、有機化合物は、搬送機構などにより成膜室内の蒸発源に備えられる。

## 【 0 1 8 6 】

なお、成膜室 (A) 9 0 6 内における成膜プロセスに関しては、図 4 の説明を参照すれば良い。

## 【 0 1 8 7 】

なお、成膜室 (A) 9 0 6 にもアライメント室 9 0 5 と同様にクリーニング予備室 9 2 2 b がゲート (図示せず) を介して連結されている。なお、具体的な構成は、クリーニング予備室 9 2 2 a と同様であり、クリーニング予備室 9 2 2 b で発生させたラジカルを成膜室 (A) 9 0 6 に導入することにより、成膜室 (A) 9 0 6 内部に付着した有機化合物等を除去することができる。

## 【 0 1 8 8 】

次に、9 0 8 は蒸着法により第二の有機化合物膜を成膜するための成膜室であ

り、成膜室（Ｂ）と呼ぶ。成膜室（Ｂ） 9 0 8 はゲート 9 0 0 d を介して搬送室 9 0 1 に連結される。本実施例では成膜室（Ｂ） 9 0 8 として図 4 に示した構造の成膜室を設けている。本実施例では、成膜室（Ｂ） 9 0 8 内の成膜部 9 0 9 において、緑色に発光する有機化合物膜を成膜する。

#### 【 0 1 8 9 】

成膜室（Ｂ） 9 0 8 内には複数の蒸発源が備えられており、具体的には、正孔注入性の有機化合物を備えた第一の蒸発源と、正孔輸送性の有機化合物を備えた第二の蒸発源と第三の蒸発源、正孔輸送性のホスト材料を備えた第四の蒸発源と、発光性の有機化合物を備えた第五の蒸発源と、ブロッキング性を有する有機化合物を備えた第六の蒸発源と、電子輸送性の有機化合物を備えた第七の蒸発源が備えられている。

#### 【 0 1 9 0 】

なお、これらの有機化合物を順に蒸着していくことにより、陽極上に正孔注入性、正孔輸送性、発光性、ブロッキング性、および電子輸送性の機能を有する領域からなる第二の有機化合物膜を形成することができる。

#### 【 0 1 9 1 】

また、成膜室（Ｂ） 9 0 8 には、光源として低圧水銀灯が備えられており、 1 8 4 . 9 n m の波長の光が照射されるようになっている。

#### 【 0 1 9 2 】

また、本実施例においては、異なる機能領域の界面には、両方の機能領域を形成する有機化合物を同時に蒸着することにより混合領域を形成する。つまり、正孔注入性領域と正孔輸送性領域の界面、正孔輸送性領域と発光性領域を含む正孔輸送性領域の界面、発光性領域を含む正孔輸送性領域とブロッキング性領域との界面、ブロッキング性領域と電子輸送性領域の界面にそれぞれ混合領域を形成している。

#### 【 0 1 9 3 】

なお、ここでは第二の有機化合物膜として、 7 種類の有機化合物を 7 つの蒸発源にそれぞれ備えておき、これらを順に蒸着して有機化合物膜を形成する場合について説明したが、本発明は、これに限られることはなく複数であればよい。ま



た、一つの蒸発源に備えられる有機化合物は必ずしも一種類である必要はなく、複数種であっても良い。例えば、蒸発源に発光性の有機化合物として備えられている一種類の材料の他に、ドーパントとなりうる別の有機化合物と一緒に備えておいても良い。なお、これらの複数の機能を有し、緑色発光を示す有機化合物膜を形成する有機化合物としては、実施例 1 において示したものをを用いても良いが、公知の材料を自由に組み合わせて用いることもできる。

## 【 0 1 9 4 】

また、成膜室 (B) 9 0 8 はゲート 9 0 0 h を介して材料交換室 9 1 5 に連結される。なお、材料交換室 9 1 5 には、交換した有機化合物を加熱するヒーターが設けられている。予め有機化合物を加熱することで水等の不純物を除去することができる。この時加える温度は 2 0 0 ℃ 以下であることが望ましい。また、材料交換室 9 1 5 には、内部を減圧状態にすることができる排気ポンプが備えられているので、外部から有機化合物を導入した後、内部を減圧状態にする。そして、成膜室内と同じ圧力状態になったところでゲート 9 0 0 h を開け、成膜室内部の蒸発源に有機化合物を備えることができるようになっている。なお、有機化合物は、搬送機構などにより成膜室内の蒸発源に備えられる。

## 【 0 1 9 5 】

なお、成膜室 (B) 9 0 8 内における成膜プロセスに関しては、図 4 の説明を参照すれば良い。

## 【 0 1 9 6 】

なお、成膜室 (B) 9 0 8 にもアライメント室 9 0 5 と同様にクリーニング予備室 9 2 2 c がゲート (図示せず) を介して連結されている。なお、具体的な構成は、クリーニング予備室 9 2 2 a と同様であり、クリーニング予備室 9 2 2 c で発生させたラジカルを成膜室 (B) 9 0 8 に導入することにより、成膜室 (B) 9 0 8 内部に付着した有機化合物等を除去することができる。

## 【 0 1 9 7 】

次に、9 1 0 は蒸着法により第三の有機化合物膜を成膜するための成膜室であり、成膜室 (C) と呼ぶ。成膜室 (C) 9 1 0 はゲート 9 0 0 e を介して搬送室 9 0 1 に連結される。本実施例では成膜室 (C) 9 1 0 として図 2 に示した構造

の成膜室を設けている。本実施例では、成膜室（C）910内の成膜部911において、青色に発光する有機化合物膜を成膜する。

【0198】

成膜室（C）910内には複数の蒸発源が備えられており、具体的には、正孔注入性の有機化合物を備えた第一の蒸発源と、発光性を有する有機化合物を備えた第二の蒸発源と、ブロッキング性の有機化合物を備えた第三の蒸発源と、電子輸送性の有機化合物を備えた第四の蒸発源が備えられている。

【0199】

なお、これらの有機化合物を順に蒸着していくことにより、陽極上に正孔注入性、発光性、ブロッキング性および電子輸送性の機能を有する領域からなる有機化合物膜を形成することができる。

【0200】

また、成膜室（C）910には、光源として低圧水銀灯が備えられており、184.9nmの波長の光が照射されるようになっている。

【0201】

また、本実施例においては、異なる機能領域の界面には、両方の機能領域を形成する有機化合物を同時に蒸着することにより混合領域を形成する。つまり、正孔注入性領域と発光性領域の界面、発光性領域とブロッキング性領域との界面、およびブロッキング性領域と電子輸送性領域の界面にそれぞれ混合領域を形成している。

【0202】

なお、ここでは第三の有機化合物膜として、4種類の機能の異なる有機化合物を4つの蒸発源にそれぞれ備えておき、これらを順に蒸着して有機化合物膜を形成する場合について説明したが、本発明は、これに限られることはなく複数であればよい。また、一つの蒸発源に備えられる有機化合物は必ずしも一種類である必要はなく、複数種であっても良い。例えば、蒸発源に発光性の有機化合物として備えられている一種類の材料の他に、ドーパントとなりうる別の有機化合物と一緒に備えておいても良い。なお、これらの複数の機能を有し、青色発光を示す有機化合物膜を形成する有機化合物としては、実施例1に示したものをを用いるこ

とができるが、公知の材料を自由に組み合わせて用いることもできる

#### 【0203】

また、成膜室（C）910はゲート900iを介して材料交換室916に連結される。なお、材料交換室916には、交換した有機化合物を加熱するヒーターが設けられている。予め有機化合物を加熱することで水等の不純物を除去することができる。この時加える温度は200℃以下であることが望ましい。また、材料交換室916には、内部を減圧状態にすることができる排気ポンプが備えられているので、外部から有機化合物を導入した後、内部を減圧状態にする。そして、成膜室内と同じ圧力状態になったところでゲート900iを開け、成膜室内部の蒸発源に有機化合物を備えることができるようになっている。なお、有機化合物は、搬送機構などにより成膜室内の蒸発源に備えられる。

#### 【0204】

なお、成膜室（C）910内における成膜プロセスに関しては、図4の説明を参照すれば良い。

#### 【0205】

なお、成膜室（C）910にもアライメント室905と同様にクリーニング予備室922dがゲート（図示せず）を介して連結されている。なお、具体的な構成は、クリーニング予備室922aと同様であり、クリーニング予備室922dで発生させたラジカルを成膜室（C）910に導入することにより、成膜室（C）910内部に付着した有機化合物等を除去することができる。

#### 【0206】

次に、912は蒸着法により発光素子の陽極もしくは陰極となる導電膜（本実施例では陰極となる金属膜）を成膜するための成膜室であり、成膜室（D）と呼ぶ。成膜室（D）912はゲート900fを介して搬送室901に連結される。本実施例では、成膜室（D）912内の成膜部913において、発光素子の陰極となる導電膜としてAl-Li合金膜（アルミニウムとリチウムとの合金膜）を成膜する。なお、周期表の1族もしくは2族に属する元素とアルミニウムとを共蒸着することも可能である。共蒸着とは、同時に蒸発源を加熱し、成膜段階で異なる物質を混合する蒸着法をいう。

## 【0207】

また、成膜室(D) 912はゲート900jを介して材料交換室917に連結される。なお、材料交換室917には、交換した導電材料を加熱するヒーターが設けられている。予め導電材料を加熱することで水等の不純物を除去することができる。この時加える温度は200℃以下であることが望ましい。また、材料交換室917には、内部を減圧状態にすることができる排気ポンプが備えられているので、外部から導電材料を導入した後、内部を減圧状態にする。そして、成膜室内と同じ圧力状態になったところでゲート900jを開け、成膜室内部の蒸発源に導電材料を備えることができるようになっている。

## 【0208】

なお、成膜室(D) 912にもアライメント室905と同様にクリーニング予備室922eがゲート(図示せず)を介して連結されている。なお、具体的な構成は、クリーニング予備室922aと同様であり、クリーニング予備室922eで発生させたラジカルを成膜室(D) 912に導入することにより、成膜室(D) 912内部に付着した導電材料等を除去することができる。

## 【0209】

また、成膜室(A) 906、成膜室(B) 908、成膜室(C) 910及び成膜室(D) 912には、各成膜室内を加熱する機構を備えておく。これにより、成膜室内の水分等の不純物を除去することができる。

## 【0210】

さらにこれらの成膜室に備える排気ポンプとしては、ドライポンプ、メカニカルブースターポンプ、ターボ分子ポンプ(磁気浮上型)もしくはクライオポンプなどを用いることが可能であるが、本実施例ではクライオポンプ及びドライポンプを用いるのが望ましい。

## 【0211】

また、成膜室(A) 906、成膜室(B) 908、成膜室(C) 910及び成膜室(D) 912は、排気ポンプにより減圧される。なお、この時の到達真空度は $10^{-6}$ Pa以上であることが望ましく、例えば、排気速度が $360001/s$ ( $H_2O$ )のクライオポンプを用いて、成膜室内部の表面積が $1.5m^2$ としたと

きには、リーク速度が  $9.3 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  以下である 18-8 ステンレス鋼のような材料を用いて成膜室内部を形成することが望ましい。このような真空度を得るために成膜室内部を電解研磨により表面積を小さくすることは、酸素や水等の不純物の吸着性を小さくすることができるので効果的である。

#### 【0212】

その他にも、電解研磨を施して鏡面化させたアルミニウム等の材料をや、気孔がきわめて少なくなるように処理されたセラミックス等の材料からなる部材を内部壁面に用いることができる。なお、これらの材料は平均面粗さが 5 nm 以下（好ましくは 3 nm 以下）となるような表面平滑性を有する。なお、ここでいう平均面粗さとは、JIS B0601 で定義されている中心線平均粗さを面に対して適用できるよう三次元に拡張したものをいう。

#### 【0213】

その他にも、ガスと反応しやすい材料を用いて成膜室の内壁に活性な表面を形成する方法もある。この場合の材料としては、Ti、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo、W、La、Ba などを用いるとよい。

#### 【0214】

次に、918 は封止室（封入室またはグローブボックスともいう）であり、ゲート 900 k を介してロード室 904 に連結されている。封止室 918 では、最終的に発光素子を密閉空間に封入するための処理が行われる。この処理は形成された発光素子を酸素や水分から保護するための処理であり、カバー材で機械的に封入する、又は熱硬化性樹脂若しくは紫外光硬化性樹脂で封入するといった手段を用いる。

#### 【0215】

カバー材としては、ガラス、セラミックス、プラスチックもしくは金属を用いることができるが、カバー材側に光を放射させる場合は透光性でなければならない。また、カバー材と上記発光素子が形成された基板とは熱硬化性樹脂又は紫外光硬化性樹脂等のシール剤を用いて貼り合わせられ、熱処理又は紫外光照射処理によって樹脂を硬化させて密閉空間を形成する。この密閉空間の中に酸化バリウムに代表される吸湿剤を設けることも有効である。

## 【 0 2 1 6 】

また、カバー材と発光素子の形成された基板との空間を熱硬化性樹脂若しくは紫外光硬化性樹脂で充填することも可能である。この場合、熱硬化性樹脂若しくは紫外光硬化性樹脂の中に酸化バリウムに代表される吸湿材を添加しておくことは有効である。

## 【 0 2 1 7 】

図 1 0 に示した成膜装置では、封止室 9 1 8 の内部に紫外光を照射するための機構（以下、紫外光照射機構という）9 1 9 が設けられており、この紫外光照射機構 9 1 9 から発した紫外光によって紫外光硬化性樹脂を硬化させる構成となっている。また、封止室 9 1 8 の内部は排気ポンプを取り付けることで減圧にすることも可能である。上記封入工程をロボット操作で機械的に行う場合には、減圧下で行うことで酸素や水分の混入を防ぐことができる。なお、具体的には、酸素や水の濃度は 0. 3 p p m 以下にすることが望ましい。また、逆に封止室 9 1 8 の内部を与圧とすることも可能である。この場合、高純度な窒素ガスや希ガスでパージしつつ与圧とし、外気から酸素等が侵入することを防ぐ。

## 【 0 2 1 8 】

次に、封止室 9 1 8 には受渡室（パスボックス）9 2 0 が連結される。受渡室 9 2 0 には搬送機構（B）9 2 1 が設けられ、封止室 9 1 8 で発光素子の封入が完了した基板を受渡室 9 2 0 へと搬送する。受渡室 9 2 0 も排気ポンプを取り付けることで減圧とすることが可能である。この受渡室 9 2 0 は封止室 9 1 8 を直接外気に晒さないようにするための設備であり、ここから基板を取り出す。その他、封止室において用いる部材を供給する部材供給室（図示せず）を設けることも可能である。

## 【 0 2 1 9 】

なお、本実施例において図示しなかったが、発光素子の形成後に窒化珪素や酸化珪素等の珪素を含む化合物やこれらの化合物の上に炭素を含む D L C（Diamond Like Carbon）膜を積層させた絶縁膜を発光素子上に形成させても良い。なお、D L C（Diamond Like Carbon）膜とは、ダイヤモンド結合（ $sp^3$  結合）とグラファイト結合（ $sp^2$  結合）が混在した非晶質膜である。またこの場合には、自己

バイアスを印加することでプラズマを発生させ、原料ガスのプラズマ放電分解により薄膜を形成させるCVD(chemical vapor deposition)装置を備えた成膜室を設ければよい。

## 【 0 2 2 0 】

なお、CVD(chemical vapor deposition)装置を備えた成膜室においては、酸素( $O_2$ )、水素( $H_2$ )、メタン( $CH_4$ )、アンモニア( $NH_3$ )、シラン( $SiH_4$ )を用いることができる。また、CVD装置としては、平行平板型の電極を有しRF電源が13.56MHzのものを用いればよい。

## 【 0 2 2 1 】

さらに、スパッタリング法(または、スパッタ法ともいう)により成膜を行う成膜室を設けることも可能である。発光素子の陰極上に有機化合物膜が形成された後、陽極を形成する場合にスパッタリングによる成膜が有効であるためである。すなわち画素電極が陰極である場合に有効である。なお、成膜時の成膜室内は、アルゴン中に酸素を添加した雰囲気にしておくことで成膜された膜中の酸素濃度を制御し、透過率の高い低抵抗な膜を形成することができる。また、その他の成膜室と同様に成膜室はゲートにより搬送室と遮断されるのが望ましい。

## 【 0 2 2 2 】

また、スパッタリングを行う成膜室においては、成膜基板の温度を制御する機構を設けても良い。なお、成膜基板は20～150℃に維持されることが望ましい。さらに、成膜室に備える排気ポンプとしては、ドライポンプ、メカニカルブースターポンプ、ターボ分子ポンプ(磁気浮上型)もしくはクライオポンプなどを用いることが可能であるが、本実施例ではクライオポンプ及びドライポンプが望ましい。

## 【 0 2 2 3 】

以上のように、図10に示した成膜装置を用いることで完全に発光素子を密閉空間に封入するまで外気に晒さずに済むため、信頼性の高い発光装置を作製することが可能となる。

## 【 0 2 2 4 】

## 〔実施例3〕

本実施例では、実施例 1 で示したインライン型の成膜装置と、基板の搬送方法及び成膜室の構造が異なる成膜装置について図 1 1 を用いて説明する。

【 0 2 2 5 】

図 1 1 において、ロード室 1 0 0 0 に投入された基板 1 0 0 4 は、ゲート（図示せず）を介して連結された第一のアライメント部 1 0 0 5 に搬送される。なお、基板 1 0 0 4 は、図 6 において説明した方法によりアライメントされ、メタルマスク 1 0 0 3 と共にホルダ 1 0 0 2 に固定される。

【 0 2 2 6 】

そして、基板 1 0 0 4 は、ホルダ 1 0 0 2 ごと第一の成膜部 1 0 0 5 に搬送される。なお、第一のアライメント部 1 0 0 1 と第一の成膜部 1 0 0 5 は、ゲートを介さずに連結されており、同一の空間を有している。そこで、本実施例では、第一のアライメント部 1 0 0 1 と第一の成膜部 1 0 0 5 との間を自由に移動できる手段として、レール 1 0 1 2 を設けておき、このレール上をホルダ 1 0 0 2 が移動することにより、それぞれの処理を行う。なお、アライメント、及び成膜の際の処理位置は、ホルダ 1 0 0 2 が有する制御機構により制御されるようになっている。

【 0 2 2 7 】

そして、第一の成膜部 1 0 0 5 において、異なる有機化合物がそれぞれ備えられている複数の蒸発源 1 0 0 6 により蒸着されることにより、第一の有機化合物膜が形成される。なお、第一の成膜部 1 0 0 5 には、光源 1 0 1 4 として低圧水銀灯が備えられており、成膜時には、蒸発源 1 0 0 6 から気化して飛散した有機化合物分子と、基板上に既に成膜された有機化合物分子に 1 8 4 . 9 n m の波長の光が照射されるようになっている。

【 0 2 2 8 】

次に、基板は、先に説明した移動手段により、第二の有機化合物を形成するために第二のアライメント部 1 0 0 7 及び第二の成膜部 1 0 0 8 へ搬送される。

【 0 2 2 9 】

そして、第二の成膜部 1 0 0 8 において、異なる有機化合物がそれぞれ備えられている複数の蒸発源により蒸着され、第二の有機化合物膜が形成される。なお



、第二の成膜部 1 0 0 8 にも同様に光源として低圧水銀灯が備えられており、成膜時には、蒸発源から気化して飛散した有機化合物分子と、基板上に既に成膜された有機化合物分子に 1 8 4 . 9 n m の波長の光が照射されるようになっている。

#### 【 0 2 3 0 】

さらに、第三の有機化合物を形成する場合にも、第三のアライメント部 1 0 0 9 及び第三の成膜部 1 0 1 0 へ同様に搬送される。

#### 【 0 2 3 1 】

そして、第三の成膜部 1 0 1 0 において、異なる有機化合物がそれぞれ備えられている複数の蒸発源により蒸着され、第三の有機化合物膜が形成される。なお、第三の成膜部 1 0 1 0 にも同様に光源として低圧水銀灯が備えられており、成膜時には、蒸発源から気化して飛散した有機化合物分子と、基板上に既に成膜された有機化合物分子に 1 8 4 . 9 n m の波長の光が照射されるようになっている。

#### 【 0 2 3 2 】

以上のように本実施例においては、三種類の有機化合物膜を同一の空間内で形成することが可能である。第三の成膜部 1 0 1 0 は、ゲート（図示せず）を介して、アンロード室 1 0 1 1 と連結されており、成膜後の基板を取り出すことができる。

#### 【 0 2 3 3 】

なお、本実施例におけるアライメント部および成膜部における処理方法は、実施例 1 のアライメント室及び成膜室において説明したのと同様の処理を行えばよい。

#### 【 0 2 3 4 】

また、本実施例において、アライメント部と成膜部のあいだに基板の搬送を妨げない程度にこれらを仕切るための隔壁を設けることは、成膜時に蒸発源から飛散する有機化合物が成膜部以外のところ（アライメント部や他の成膜部）へ飛散するのを防ぐことができる。

#### 【 0 2 3 5 】

また、本実施例における成膜装置においても、クリーニング予備室 1 0 1 3 を設けて、成膜室内及びメタルマスクのクリーニングを行うと良い。

#### 【 0 2 3 6 】

以上に説明した成膜装置を用いて、複数の有機化合物膜を同一空間内で形成することにより、異なる有機化合物膜の形成における移動が容易になるため、処理時間を短縮することが可能になる。

#### 【 0 2 3 7 】

また、本実施例に示す成膜装置においては、成膜室において連続的に蒸着を行い、発光素子の陽極若しくは陰極まで形成された基板上に複数の機能を有する三種類の有機化合物膜を形成することができるが、さらに、導電膜を成膜するための成膜室を設けて、連続的に発光素子の陰極若しくは陽極まで形成することができるようにしても良い。なお、導電膜としては、陰極を形成する場合には A l - L i 合金膜（アルミニウムとリチウムとの合金膜）の他、周期表の 1 族もしくは 2 族に属する元素とアルミニウムとを共蒸着することにより得られる膜を用いれば良く、陽極を形成する場合には酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛もしくはこれらの化合物（I T O など）を用いればよい。

#### 【 0 2 3 8 】

その他にも、作製した発光素子の封止を行う処理室を設けておくことも可能である。

#### 【 0 2 3 9 】

また、本実施例における成膜装置には、実施例 1 や実施例 2 で示したような排気ポンプを設置することができるが、成膜室内の圧力を一定にするためには、同じ種類で、同じ排気能力を有するポンプを単数または複数設ければよい。なお、ドライポンプとクライオポンプを組み合わせたものを用いるのが好ましい。

#### 【 0 2 4 0 】

#### 〔実施例 4〕

本実施例では、本発明の成膜装置を用いて作製した発光装置について説明する。図 1 2 は、アクティブマトリクス型発光装置の断面図である。なお、能動素子としてここでは薄膜トランジスタ（以下、「T F T」と記す）を用いているが、

MOSトランジスタを用いてもよい。

#### 【0241】

また、TFTとしてトップゲート型TFT（具体的にはプレーナ型TFT）を例示するが、ボトムゲート型TFT（典型的には逆スタガ型TFT）を用いることもできる。

#### 【0242】

図12において、1101は基板であり、ここでは可視光を透過する基板を用いる。具体的には、ガラス基板、石英基板、結晶化ガラス基板もしくはプラスチック基板（プラスチックフィルムを含む）を用いればよい。なお、基板1101とは、表面に設けた絶縁膜も含めるものとする。

#### 【0243】

基板1101の上には画素部1111および駆動回路1112が設けられている。まず、画素部1111について説明する。

#### 【0244】

画素部1111は画像表示を行う領域である。基板上には複数の画素が存在し、各画素には発光素子に流れる電流を制御するためのTFT（以下、「電流制御用TFT」と記す）1102、画素電極（陽極）1103、有機化合物膜1104および陰極1105が設けられている。なお、1113は、電流制御用TFTのゲートに加わる電圧を制御するためのTFT（以下、「スイッチング用TFT」と記す）である。

#### 【0245】

電流制御用TFT1102は、ここではpチャネル型TFTを用いることが好ましい。nチャネル型TFTとすることも可能であるが、図12のように発光素子の陽極に電流制御用TFTを接続する場合は、pチャネル型TFTの方が消費電力を押さえることができる。ただし、スイッチング用TFT1113はnチャネル型TFTでもpチャネル型TFTでもよい。

#### 【0246】

また、電流制御用TFT1102のドレインには画素電極1103が電氣的に接続されている。本実施例では、画素電極1103の材料として仕事関数が4.

5 ~ 5. 5 e V の導電性材料を用いるため、画素電極 1 1 0 3 は発光素子の陽極として機能する。画素電極 1 1 0 3 として代表的には、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛もしくはこれらの化合物（ITO など）を用いればよい。画素電極 1 1 0 3 の上には有機化合物膜 1 1 0 4 が設けられている。

## 【 0 2 4 7 】

さらに、有機化合物膜 1 1 0 4 の上には陰極 1 1 0 5 が設けられている。陰極 1 1 0 5 の材料としては、仕事関数が 2. 5 ~ 3. 5 e V の導電性材料を用いることが望ましい。陰極 1 1 0 5 として代表的には、アルカリ金属元素もしくはアルカリ土類金属元素を含む導電膜、アルミニウムを含む導電膜、あるいはその導電膜にアルミニウムや銀などを積層したもの、を用いればよい。

## 【 0 2 4 8 】

また、画素電極 1 1 0 3、有機化合物膜 1 1 0 4、および陰極 1 1 0 5 からなる発光素子 1 1 1 4 は、保護膜 1 1 0 6 で覆われている。保護膜 1 1 0 6 は、発光素子 1 1 1 4 を酸素および水から保護するために設けられている。保護膜 1 1 0 6 の材料としては、窒化珪素、窒化酸化珪素、酸化アルミニウム、酸化タンタル、もしくは炭素（具体的にはダイヤモンドライクカーボン）を用いる。

## 【 0 2 4 9 】

次に、駆動回路 1 1 1 2 について説明する。駆動回路 1 1 1 2 は画素部 1 1 1 1 に伝送される信号（ゲート信号およびデータ信号）のタイミングを制御する領域であり、シフトレジスタ、バッファ、ラッチ、アナログスイッチ（トランスファゲート）もしくはレベルシフタが設けられている。図 1 2 では、これらの回路の基本単位として n チャネル型 TFT 1 1 0 7 および p チャネル型 TFT 1 1 0 8 からなる CMOS 回路を示している。

## 【 0 2 5 0 】

なお、シフトレジスタ、バッファ、ラッチ、アナログスイッチ（トランスファゲート）もしくはレベルシフタの回路構成は、公知のものでよい。また図 1 1 では、同一の基板上に画素部 1 1 1 1 および駆動回路 1 1 1 2 を設けているが、駆動回路 1 1 1 2 を設けずに IC や LSI を電氣的に接続することもできる。

## 【 0 2 5 1 】

また、図 1 2 では電流制御用 T F T 1 1 0 2 に画素電極（陽極）1 1 0 3 が電氣的に接続されているが、陰極が電流制御用 T F T に接続された構造をとることもできる。その場合、画素電極 1 1 0 3 を陰極 1 1 0 5 と同様の材料で形成し、陰極を画素電極（陽極）1 1 0 3 と同様の材料で形成すればよい。その場合、電流制御用 T F T は n チャンネル型 T F T とすることが好ましい。

#### 【0 2 5 2】

また、本実施例では、配線 1 1 0 9 と分離部 1 1 1 0 からなるひさしのある形状（以下、ひさし構造と呼ぶ）を設けた。図 1 2 で示されるような配線 1 1 0 9 および分離部 1 1 1 0 からなる「ひさし構造」は、配線 1 1 0 9 を構成する金属と、分離部 1 1 1 0 を形成する前記金属よりもエッチレートの低い材料（例えば金属窒化物）とを積層し、エッチングすることにより形成することができる。この形状により、画素電極 1 1 0 3 や配線 1 1 0 9 が陰極 1 1 0 5 とショートすることを防ぐことができる。なお、本実施例においては、通常のアクティブマトリクス型の発光装置と異なり、画素上の陰極 1 1 0 5 は、ストライプ状（パッシブマトリクス型の陰極と同様）に形成される。

#### 【0 2 5 3】

ここで、図 1 2 に示したアクティブマトリクス型発光装置の外観を図 1 3 に示す。なお、図 1 3（A）には上面図を示し、図 1 3（B）には図 1 3（A）を A - A' で切断した時の断面図を示す。また、図 1 2 に用いた符号を引用する。

#### 【0 2 5 4】

点線で示された 1 2 0 1 はソース側駆動回路、1 2 0 2 は画素部、1 2 0 3 はゲート側駆動回路である。また、1 2 0 4 はカバー材、1 2 0 5 はシール剤であり、シール剤 1 2 0 5 で囲まれた内側には空間 1 2 0 7 が設けられる。

#### 【0 2 5 5】

なお、1 2 0 8 はソース側駆動回路 1 2 0 1 及びゲート側駆動回路 1 2 0 3 に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となる F P C（フレキシブルプリントサーキット）1 2 0 9 からビデオ信号やクロック信号を受け取る。なお、ここでは F P C しか図示されていないが、この F P C にはプリント配線基盤（P W B）が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には

、発光パネルにFPCもしくはPWBが取り付けられた状態の発光モジュールだけではなく、ICを実装した発光モジュールをも含むものとする。

#### 【0256】

次に、断面構造について図13（B）を用いて説明する。基板901の上方には画素部1202、ゲート側駆動回路1203が形成されており、画素部1202は電流制御用TFT902とそのドレインに電氣的に接続された画素電極903を含む複数の画素により形成される。また、ゲート側駆動回路1203はnチャンネル型TFT907とpチャンネル型TFT908とを組み合わせたCMOS回路を用いて形成される。

#### 【0257】

画素電極903は発光素子の陽極として機能する。また、画素電極903の両端には層間絶縁膜1206が形成され、画素電極903上には有機化合物膜904および発光素子の陰極905が形成される。

#### 【0258】

陰極905は複数の画素に共通の配線としても機能し、接続配線1209を経由してFPC1210に電氣的に接続されている。さらに、画素部1202及びゲート側駆動回路1203に含まれる素子は全て保護膜906で覆われている。

#### 【0259】

また、シール剤1205によりカバー材1204が貼り合わされている。なお、カバー材1204と発光素子との間隔を確保するために樹脂膜からなるスペーサを設けても良い。そして、シール剤1205の内側は密閉された空間になっており、窒素やアルゴンなどの不活性ガスが充填されている。なおこの密閉空間の中に酸化バリウムに代表される吸湿材を設けることも有効である。

#### 【0260】

また、カバー材としては、ガラス、セラミックス、プラスチックもしくは金属を用いることができるが、カバー材側に光を放射させる場合は透光性でなければならない。なお、プラスチックとしては、FRP（Fiberglass-Reinforced Plastics）、PVF（ポリビニルフロライド）、マイラー、ポリエステルまたはアクリルを用いることができる。

## 【0261】

以上のようにして基板上に形成された発光素子914をカバー材1204及びシール剤1205を用いて封入することにより、外部から完全に遮断することができ、外部から水分や酸素等の有機化合物層の酸化による劣化を促す物質が侵入するのを防ぐことができる。従って、信頼性の高い発光装置を得ることができる。

## 【0262】

なお、本実施例における発光装置は、実施例1～実施例3で説明した成膜装置を用いて成膜することが可能である。

## 【0263】

## 〔実施例5〕

本実施例では本発明の成膜装置を用いて作製されたパッシブ型（単純マトリクス型）の発光装置について説明する。説明には図14を用いる。図14において、1301はガラス基板、1302は透明導電膜からなる陽極である。本実施例では、透明導電膜として酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物を蒸着法により形成する。なお、図14では図示されていないが、複数本の陽極が紙面と平行な方向へストライプ状に配列されている。

## 【0264】

また、ストライプ状に配列された陽極1302に対して交差するように陰極隔壁（1303a、1303b）が形成される。陰極隔壁（1303a、1303b）は紙面に垂直な方向に形成されている。

## 【0265】

次に、有機化合物膜が形成される。ここで形成される有機化合物膜は、正孔注入性、正孔輸送性、発光性、ブロッキング性、電子輸送性または、電子注入性の機能を有する有機化合物を複数組み合わせ、複数の機能領域を形成すると良い。

## 【0266】

なお、本実施例においても、機能領域間には混合領域を形成する。なお、混合領域の作製については、実施の形態に示した方法を用いればよい。

## 【 0 2 6 7 】

また、これらの有機化合物膜は陰極隔壁（1 3 0 3 a、1 3 0 3 b）によって形成された溝に沿って形成されるため、紙面に垂直な方向にストライプ状に配列される。

## 【 0 2 6 8 】

その後、複数本の陰極 1 3 0 5 が紙面に垂直な方向が長手方向となり、且つ、陽極 1 3 0 2 と直交するようにストライプ状に配列される。なお、本実施例では、陰極 1 3 0 5 は、M g A g からなり、蒸着法により形成される。また、図示されていないが陰極 1 3 0 5 は所定の電圧が加えられるように、後に F P C が取り付けられる部分まで配線が引き出されている。さらに、陰極 1 3 0 5 を形成したら、保護膜 1 3 0 6 として窒化珪素膜を設ける。

## 【 0 2 6 9 】

以上のようにして基板 1 3 0 1 上に発光素子を形成する。なお、本実施例では下側の電極が透光性の陽極となっているため、有機化合物膜で発生した光は下面（基板 1 3 0 1）に放射される。しかしながら、発光素子の構造を反対にし、下側の電極を遮光性の陰極とすることもできる。その場合、有機化合物膜で発生した光は上面（基板 1 3 0 1 とは反対側）に放射されることになる。

## 【 0 2 7 0 】

次に、カバー材 1 3 0 7 としてセラミックス基板を用意する。本実施例の構造では遮光性で良いのでセラミックス基板を用いたが、勿論、前述のように発光素子の構造を反対にした場合、カバー材は透光性のほうが良いので、プラスチックやガラスからなる基板を用いるとよい。

## 【 0 2 7 1 】

こうして用意したカバー材 1 3 0 7 は、紫外線硬化樹脂からなるシール剤 1 3 0 9 により貼り合わされる。なお、シール剤 1 3 0 9 の内側 1 3 0 8 は密閉された空間になっており、窒素やアルゴンなどの不活性ガスが充填されている。また、この密閉された空間 1 3 0 8 の中に酸化バリウムに代表される吸湿材を設けることも有効である。最後に異方導電性フィルム（F P C）1 3 1 0 を取り付けてパッシブ型の発光装置が完成する。



なお、本実施例に示した発光装置は、実施例 1 ～ 実施例 3 に示したいずれの成膜装置を用いても作製することが可能である。

## 【 0 2 7 2 】

## 〔実施例 6〕

発光素子を用いた発光装置は自発光型であるため、液晶表示装置に比べ、明るい場所での視認性に優れ、視野角が広い。従って、様々な電気器具の表示部に用いることができる。

## 【 0 2 7 3 】

本発明により作製した発光装置を用いた電気器具として、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型ディスプレイ（ヘッドマウントディスプレイ）、ナビゲーションシステム、音響再生装置（カーオーディオ、オーディオコンポ等）、ノート型パーソナルコンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機または電子書籍等）、記録媒体を備えた画像再生装置（具体的にはデジタルビデオディスク（DVD）等の記録媒体を再生し、その画像を表示しうる表示装置を備えた装置）などが挙げられる。特に、斜め方向から画面を見る機会が多い携帯情報端末は、視野角の広さが重要視されるため、発光素子を有する発光装置を用いることが好ましい。それら電気器具の具体例を図 1 5 に示す。

## 【 0 2 7 4 】

図 1 5 （A）は表示装置であり、筐体 2 0 0 1、支持台 2 0 0 2、表示部 2 0 0 3、スピーカー部 2 0 0 4、ビデオ入力端子 2 0 0 5 等を含む。本発明により作製した発光装置は、表示部 2 0 0 3 に用いることができる。発光素子を有する発光装置は自発光型であるためバックライトが必要なく、液晶表示装置よりも薄い表示部とすることができる。なお、表示装置は、パソコン用、TV 放送受信用、広告表示用などの全ての情報表示用表示装置が含まれる。

## 【 0 2 7 5 】

図 1 5 （B）はデジタルスチルカメラであり、本体 2 1 0 1、表示部 2 1 0 2、受像部 2 1 0 3、操作キー 2 1 0 4、外部接続ポート 2 1 0 5、シャッター 2 1 0 6 等を含む。本発明により作製した発光装置は表示部 2 1 0 2 に用いること

ができる。

【0276】

図15（C）はノート型パーソナルコンピュータであり、本体2201、筐体2202、表示部2203、キーボード2204、外部接続ポート2205、ポインティングマウス2206等を含む。本発明により作製した発光装置は表示部2203に用いることができる。

【0277】

図15（D）はモバイルコンピュータであり、本体2301、表示部2302、スイッチ2303、操作キー2304、赤外線ポート2305等を含む。本発明により作製した発光装置は表示部2302に用いることができる。

【0278】

図15（E）は記録媒体を備えた携帯型の画像再生装置（具体的にはDVD再生装置）であり、本体2401、筐体2402、表示部A2403、表示部B2404、記録媒体（DVD等）読み込み部2405、操作キー2406、スピーカ部2407等を含む。表示部A2403は主として画像情報を表示し、表示部B2404は主として文字情報を表示するが、本発明により作製した発光装置はこれら表示部A、B2403、2404に用いることができる。なお、記録媒体を備えた画像再生装置には家庭用ゲーム機器なども含まれる。

【0279】

図15（F）はゴーグル型ディスプレイ（ヘッドマウントディスプレイ）であり、本体2501、表示部2502、アーム部2503を含む。本発明により作製した発光装置は表示部2502に用いることができる。

【0280】

図15（G）はビデオカメラであり、本体2601、表示部2602、筐体2603、外部接続ポート2604、リモコン受信部2605、受像部2606、バッテリー2607、音声入力部2608、操作キー2609等を含む。本発明により作製した発光装置は表示部2602に用いることができる。

【0281】

ここで図15（H）は携帯電話であり、本体2701、筐体2702、表示部

2703、音声入力部2704、音声出力部2705、操作キー2706、外部接続ポート2707、アンテナ2708等を含む。本発明により作製した発光装置は、表示部2703に用いることができる。なお、表示部2703は黒色の背景に白色の文字を表示することで携帯電話の消費電力を抑えることができる。

【0282】

なお、将来的に有機材料の発光輝度が高くなれば、出力した画像情報を含む光をレンズ等で拡大投影してフロント型若しくはリア型のプロジェクターに用いることも可能となる。

【0283】

また、上記電気器具はインターネットやCATV（ケーブルテレビ）などの電子通信回線を通じて配信された情報を表示することが多くなり、特に動画情報を表示する機会が増してきている。有機材料の応答速度は非常に高いため、発光装置は動画表示に好ましい。

【0284】

また、発光装置は発光している部分が電力を消費するため、発光部分が極力少なくなるように情報を表示することが好ましい。従って、携帯情報端末、特に携帯電話や音響再生装置のような文字情報を主とする表示部に発光装置を用いる場合には、非発光部分を背景として文字情報を発光部分で形成するように駆動することが好ましい。

【0285】

以上の様に、本発明の成膜装置を用いて作製された発光装置の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電気器具に用いることが可能である。また、本実施例の電気器具は実施例1～実施例3に示した成膜装置により形成される実施例4または実施例5に示す発光装置をその表示部に用いることができる。

【0286】

〔実施例7〕

次に、本発明により形成される発光素子として、これまで説明したように、R、G、Bのそれぞれに各発光を示す有機化合物を用いるのとは異なる手法により発光素子のフルカラー化を実現させるための方法について、本実施例で説明する

## 【 0 2 8 7 】

はじめに、白色発光素子とカラーフィルターを組み合わせた方法(以下、カラーフィルター法とよぶ)について図 1 8 (A) により説明する。

## 【 0 2 8 8 】

カラーフィルター法は、白色発光を示す有機化合物膜を形成し、得られた白色発光をカラーフィルターに通すことで赤、緑、青の発光を得るという方式である。

## 【 0 2 8 9 】

白色発光を得るためには、様々な方法があるが、本実施例では発光性領域における発光と発光色が異なる色素を電子輸送層中にドーピングして、発光性領域からの発光色と混色させて白色発光が得られる場合について説明する。なお、この場合は、電子輸送性領域へのドーピングの量を調節することにより、電子輸送性領域と発光性領域での発光が得られるようにする。

## 【 0 2 9 0 】

具体的には、有機化合物膜は、電子輸送性の有機化合物で形成される領域と発光性の有機化合物で形成される領域と正孔輸送性の有機化合物で形成される領域とで形成される。例えば、電子輸送性の有機化合物として  $Alq_3$  を用い、 $Alq_3$  には、スチリル色素である DCM などのドーパントをドーピングする。また、発光性の有機化合物としてジスチリル誘導体である DPVB i を用い、正孔輸送性の有機化合物として MTDA TA を用いて三種類の機能領域を有する有機化合物膜を形成する。なお、この場合にもこれらの異なる機能領域の界面には、本発明における混合領域を設けておく和良好的。

## 【 0 2 9 1 】

以上により形成される有機化合物膜 1 8 0 4 は、電子輸送性の領域で赤色発光が得られ、発光性の領域で青色発光が得られることから全体として白色発光を得ることができる。

## 【 0 2 9 2 】

なお、有機化合物膜 1 8 0 4 は、陽極 1 8 0 2 と陰極 1 8 0 3 の間に形成され

ており、陽極から注入された正孔と陰極から注入された電子が有機化合物膜 1 8 0 4 において再結合することにより、有機化合物膜 1 8 0 4 において、白色発光が得られる。

#### 【 0 2 9 3 】

また、これらの発光素子は、基板 1 8 0 1 上に形成されているが、発光素子の陽極 1 8 0 2 と絶縁膜 1 8 0 6 を介して、赤色発光以外を吸収するカラーフィルター (R) 1 8 0 5 a、緑色発光以外を吸収するカラーフィルター (G) 1 8 0 5 b、青色発光以外を吸収するカラーフィルター (B) 1 8 0 5 c をそれぞれ設けることにより、発光素子からの白色発光をそれぞれ分離して、赤色発光、緑色発光、青色発光として得ることができる。また、アクティブマトリクス型の場合には、基板とカラーフィルターの間に T F T が形成される構造となる。

#### 【 0 2 9 4 】

なお、この場合には、得られる発光色が異なっているが、すべて白色発光を示す有機化合物膜で形成されていることから、発光色ごとに有機化合物膜を塗り分けて形成する必要がないため、メタルマスクを用いる必要がなくなる。このようにメタルマスクを用いることなく成膜ができる場合には、加熱によるメタルマスクの変形の問題がないので、本発明における基板表面の光照射に加えて、成膜時に基板を加熱することができる。これにより、光照射だけの時に比べて、膜をより緻密化させることができる。

#### 【 0 2 9 5 】

次に青色発光性の有機化合物膜を有する青色発光素子と蛍光性の色変換層を組み合わせるにより実現される C C M 法 (color changing mediums) について図 1 8 (B) により説明する。

#### 【 0 2 9 6 】

C C M 法は、基板 1 8 1 1 上で、陽極 1 8 1 2 と陰極 1 8 1 3 から注入されたキャリアが有機化合物膜 1 8 1 4 で再結合することにより発生する光 (青色発光) で、絶縁膜 1 8 1 6 を介して、陽極 1 8 1 2 の下に形成された蛍光性の色変換層 1 8 1 5 を励起し、それぞれの色変換層 1 8 1 5 で青色から赤色への変換 (B → R)、青色から緑色への変換 (B → G)、青色から青色への変換 (B → B) (

なお、青色から青色への変換は行わなくても良い。)を行い、赤色、緑色及び青色の発光を得るというものである。CCM法の場合にも、アクティブマトリクス型の場合には、基板とカラーフィルターの間にTFTが形成される構造となる。

#### 【0297】

なお、この場合にも有機化合物膜を塗り分けて形成する必要がないため、メタルマスクを用いる必要が無くなる。このためCCM法を用いる場合にも、成膜時に基板を加熱すると共に光照射を行うことにより膜の緻密化を図ることができる。

#### 【0298】

また、CCM法を用いる場合には、色変換層が蛍光性であるため外光により励起され、コントラストを低下させる問題があるので、カラーフィルターを装着するなどしてコントラストを上げるようにすると良い。

#### 【0299】

なお、その他の技術として、フォトリソ法なども挙げられる。以上のように、本実施例で示した構造の発光素子は、本発明の成膜装置及び成膜方法により作製することができる。

#### 【0300】

##### 【発明の効果】

以上のように、本発明の成膜装置を用いて発光素子の有機化合物膜を形成することにより、同一の成膜室内で、複数の機能領域を有する有機化合物膜を連続的に形成することができるため、機能領域の界面における不純物の汚染を防ぐことができる。さらに、機能領域間にそれぞれの機能領域を形成する有機化合物からなる混合領域を形成するとともに、これらの有機化合物膜をより緻密化させることができる。よって、機能領域界面における有機層間のエネルギー障壁を緩和し、キャリアの注入性を向上させることができるので、駆動電圧が低く、素子寿命の長い発光素子を形成することが可能となる。

##### 【図面の簡単な説明】

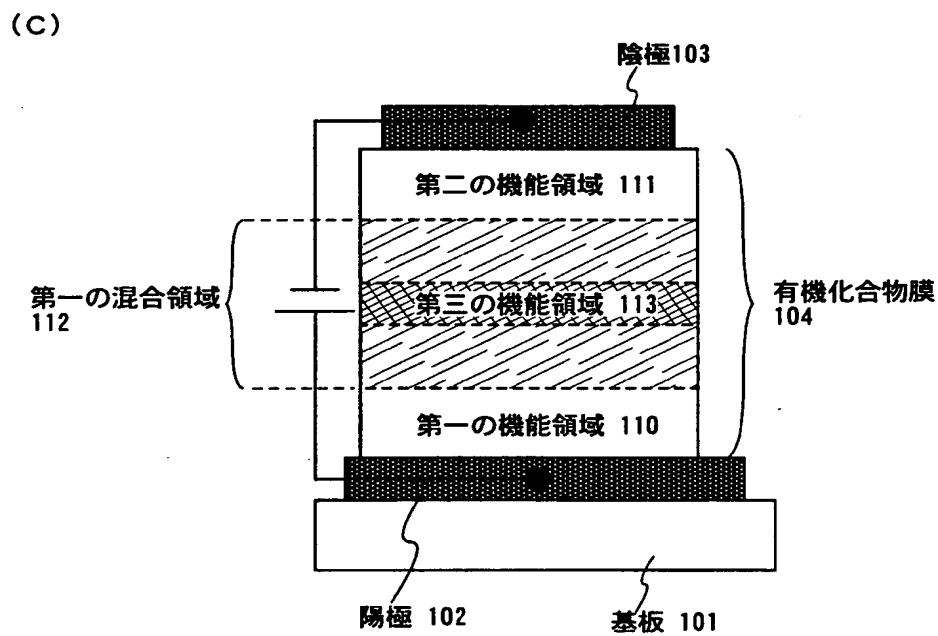
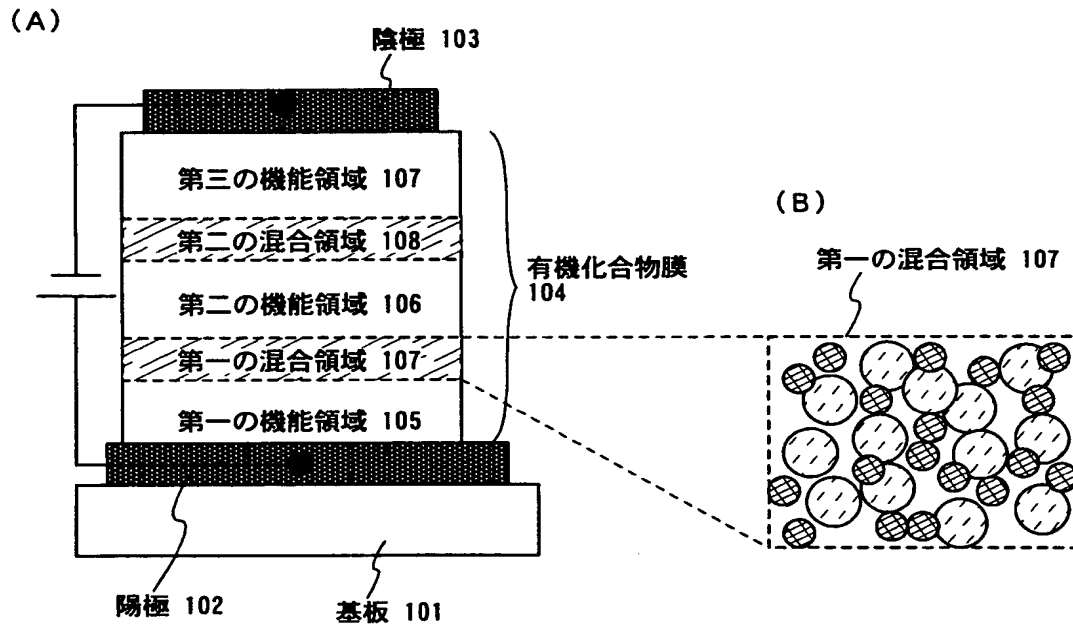
【図1】 本発明の成膜装置により作製される素子構造を説明する図。

【図2】 光照射による有機化合物の挙動について説明する図。

- 【図 3】 本発明の成膜装置による素子の作製について説明する図。
- 【図 4】 成膜室について説明する図。
- 【図 5】 成膜装置について説明する図。
- 【図 6】 メタルマスクのアライメント方法を説明する図。
- 【図 7】 クリーニング予備室について説明する図。
- 【図 8】 成膜装置について説明する図。
- 【図 9】 材料交換室及び封止室について説明する図。
- 【図 1 0】 成膜装置について説明する図。
- 【図 1 1】 成膜装置について説明する図。
- 【図 1 2】 発光装置について説明する図。
- 【図 1 3】 封止構造について説明する図。
- 【図 1 4】 発光装置について説明する図。
- 【図 1 5】 電気器具の一例を示す図。
- 【図 1 6】 従来例を説明する図。
- 【図 1 7】 従来例を説明する図。
- 【図 1 8】 発光素子について説明する図。

【書類名】 図面

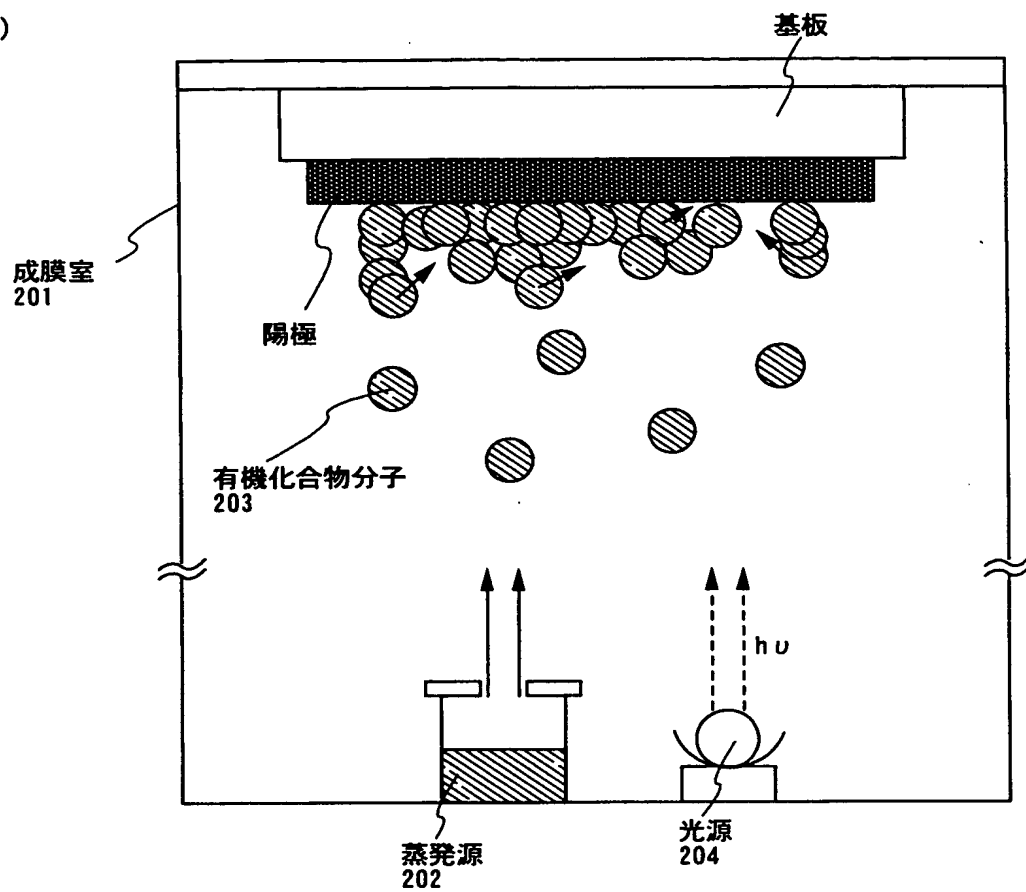
【図 1】



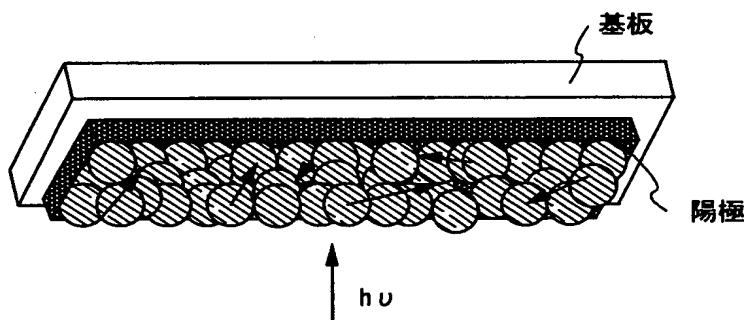


【図 2】

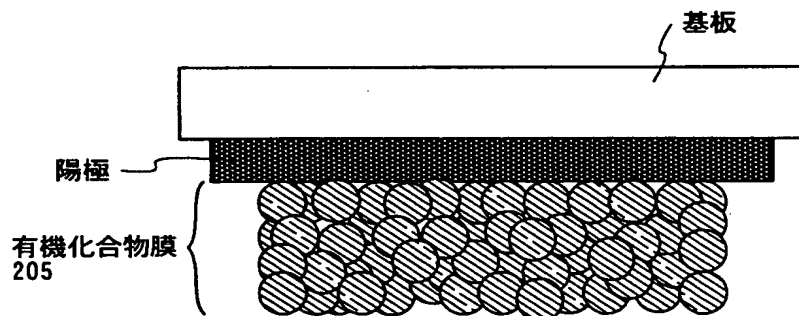
(A)



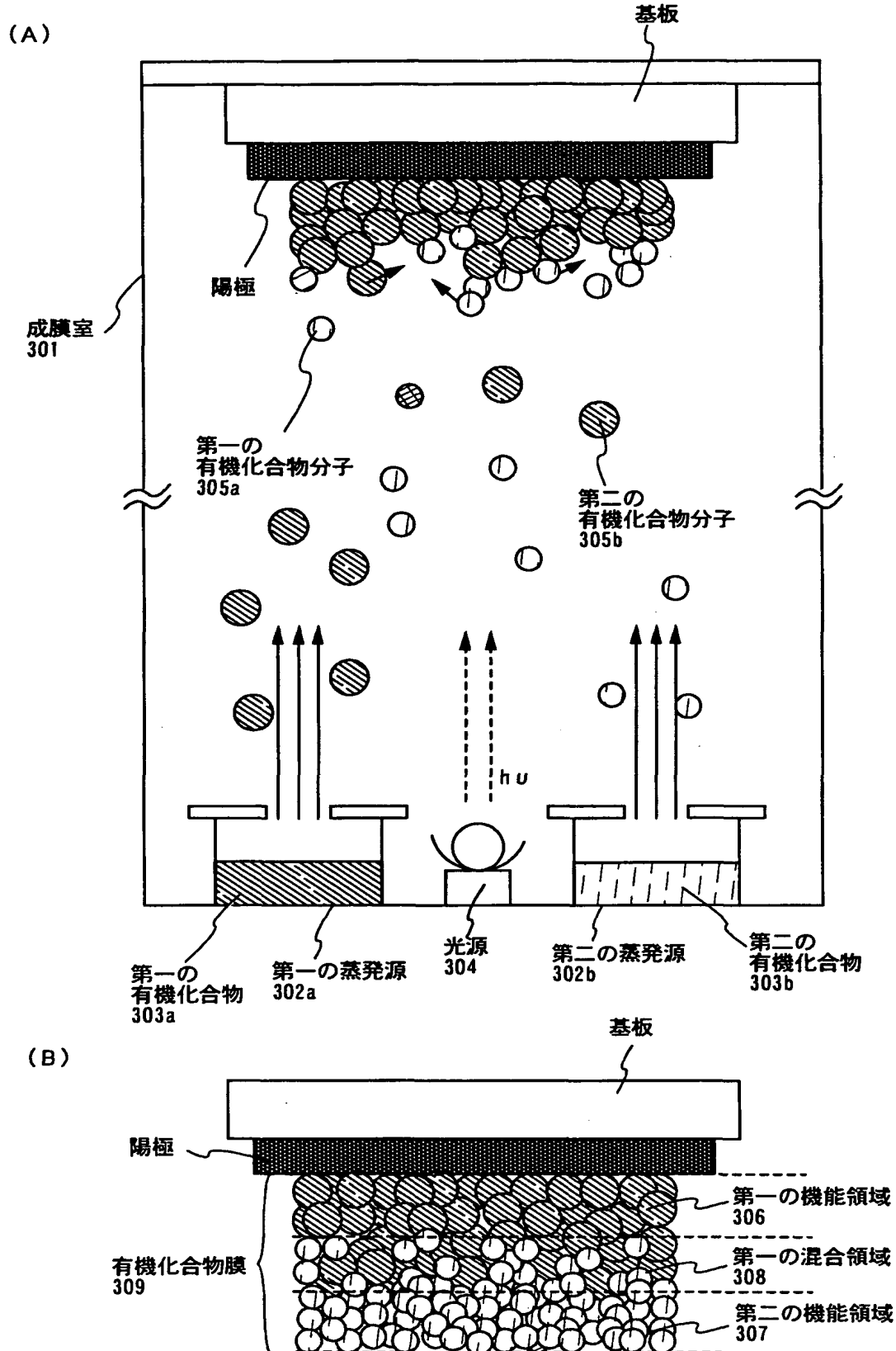
(B)



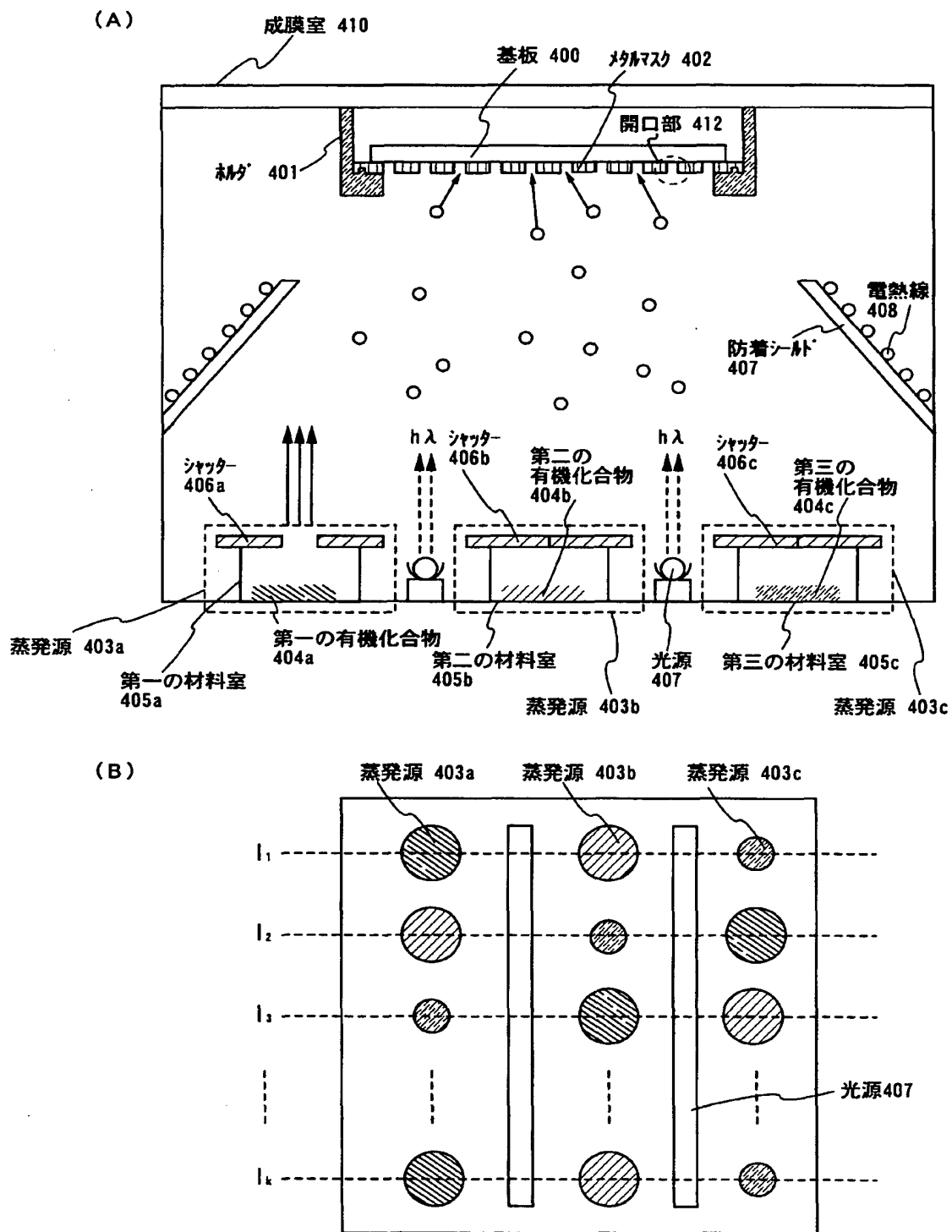
(C)



【図 3】

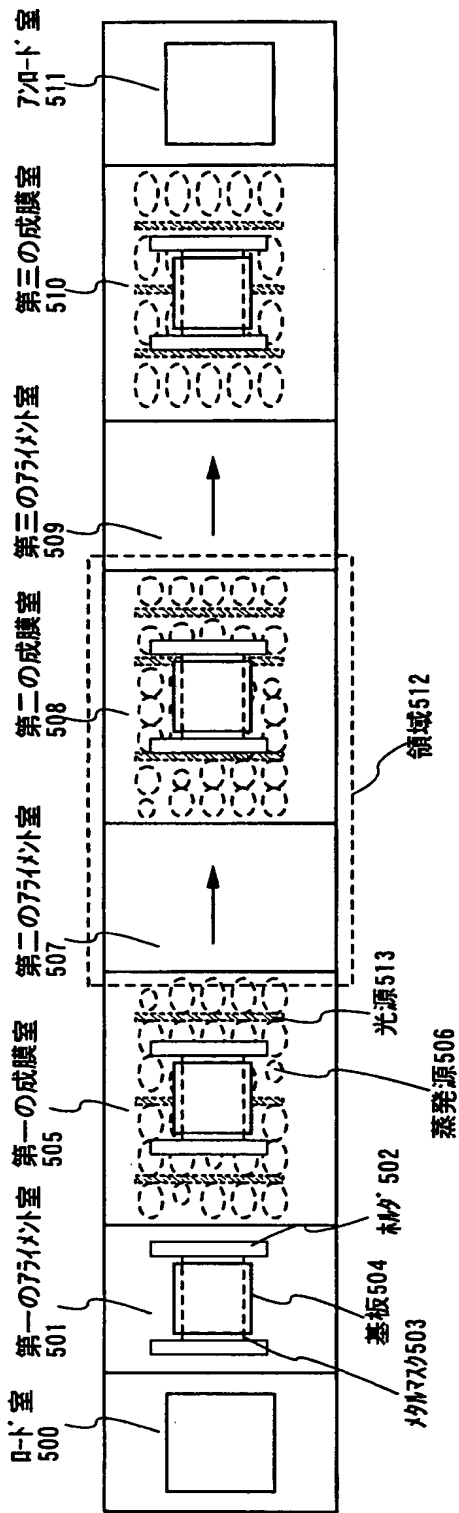


【図 4】

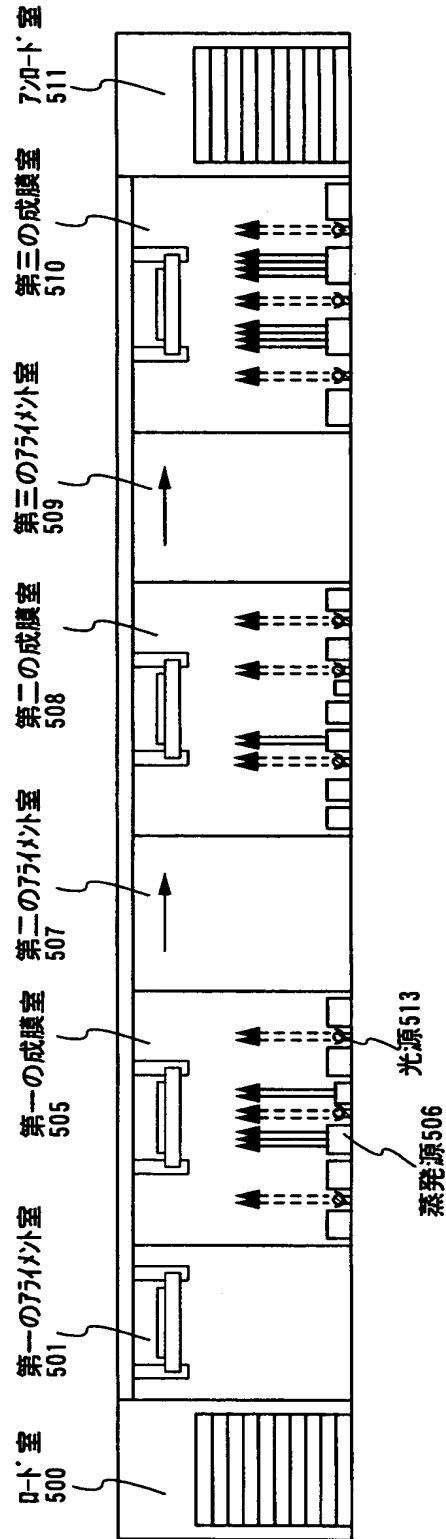


【図 5】

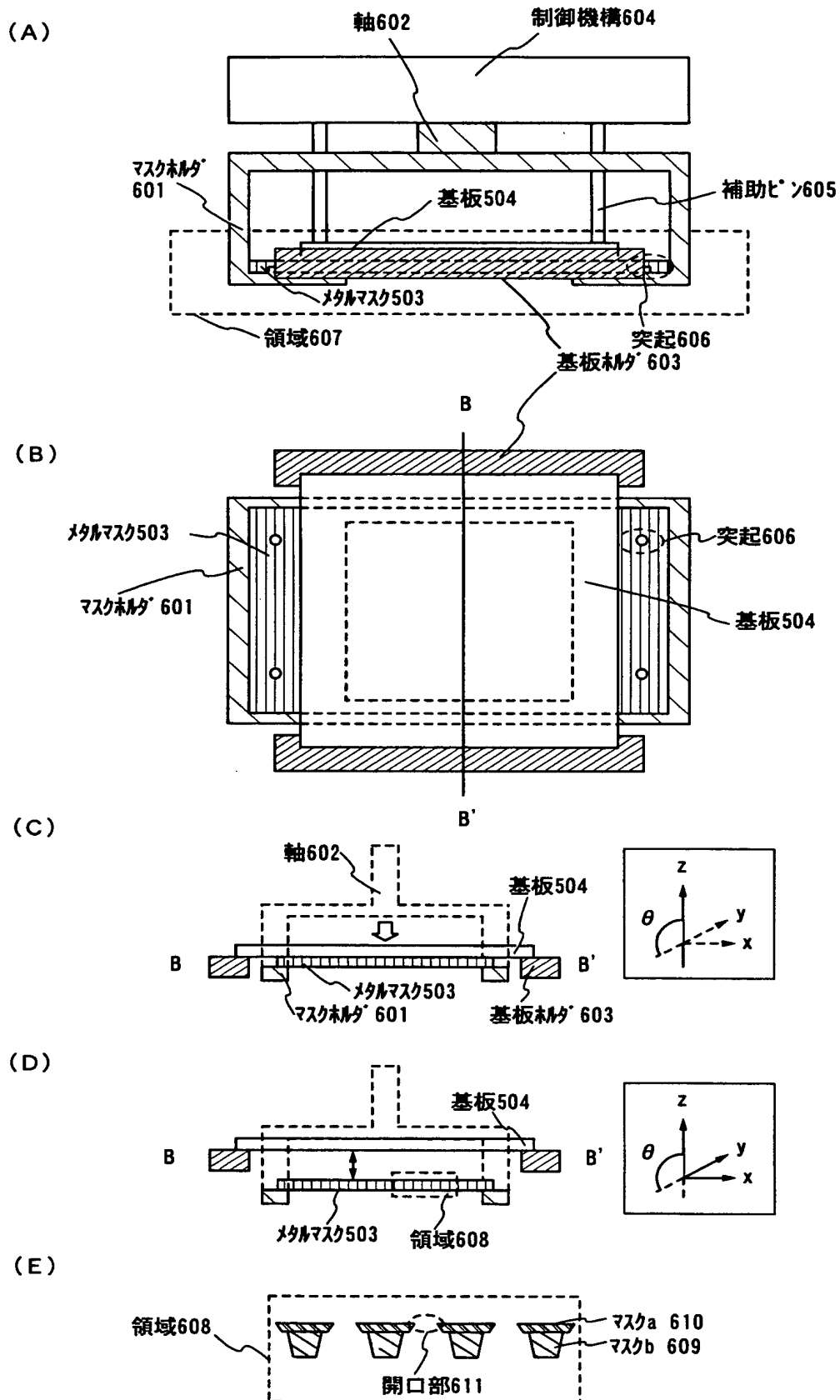
(A)



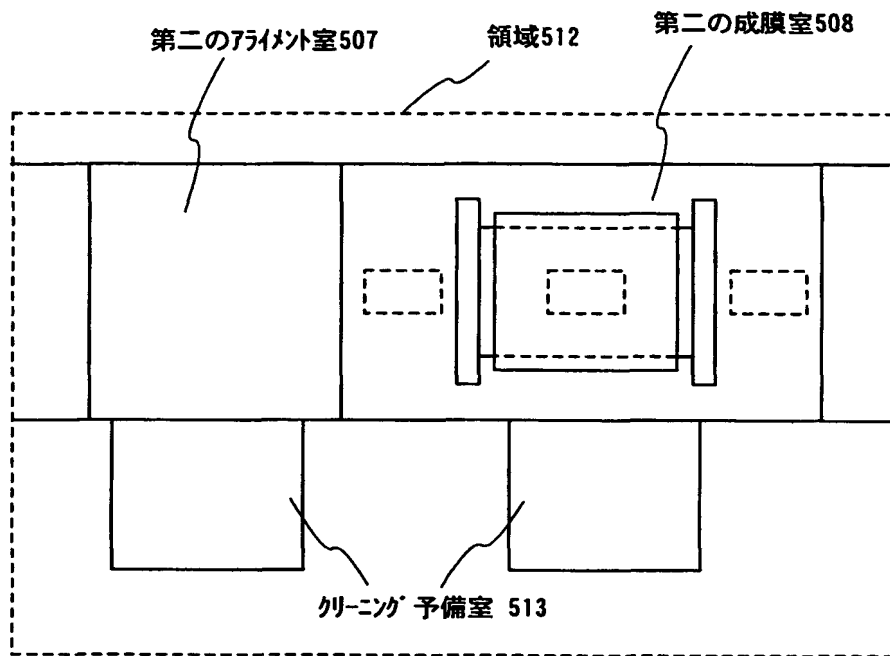
(B)



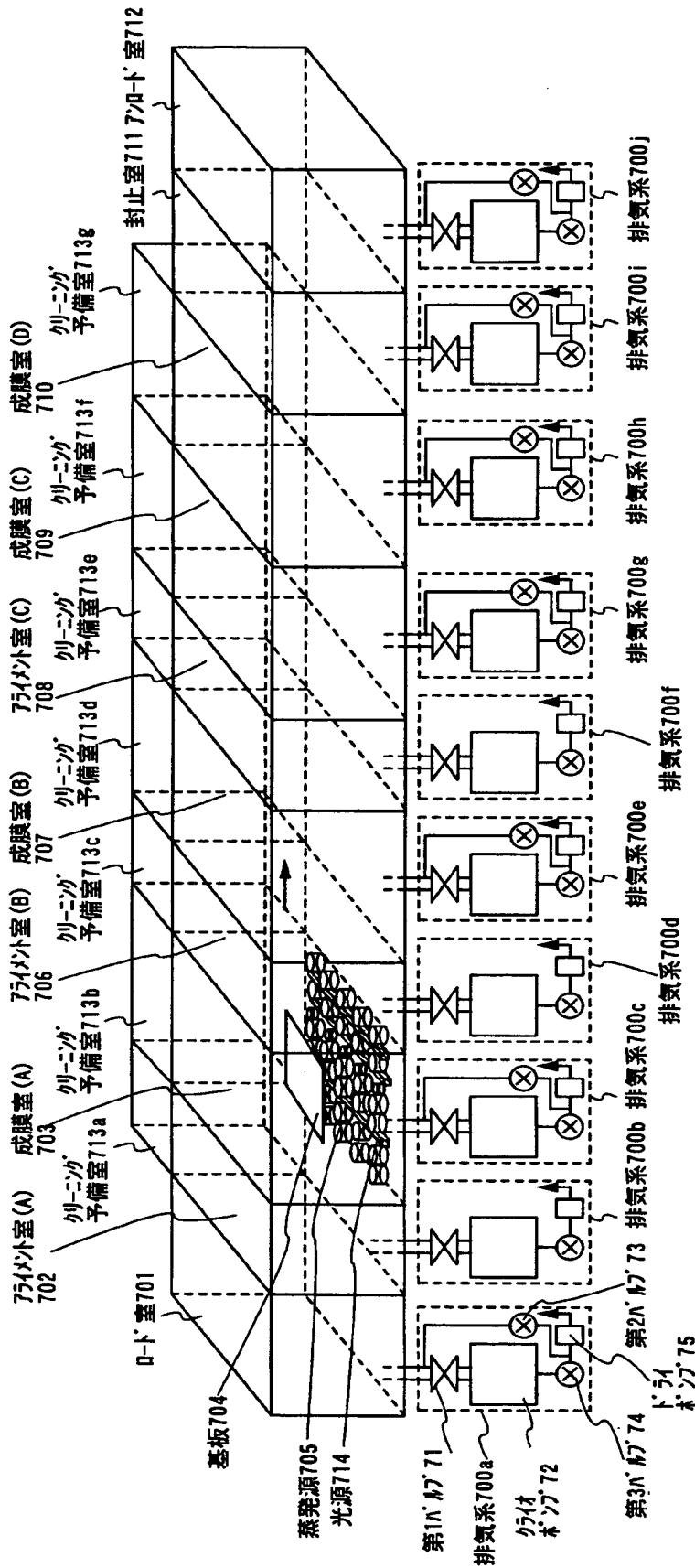
【図 6】



【図 7】

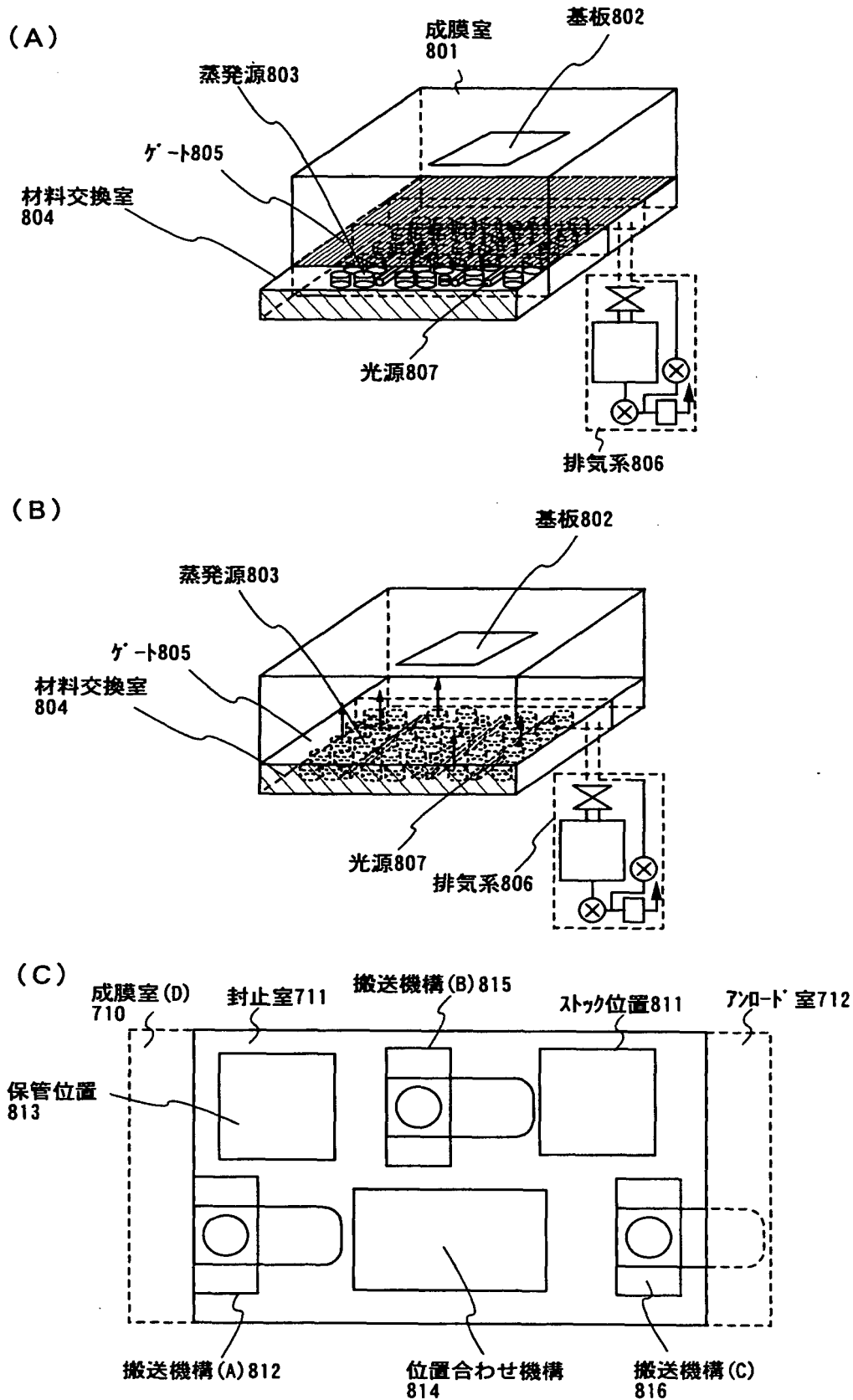


【図 8】

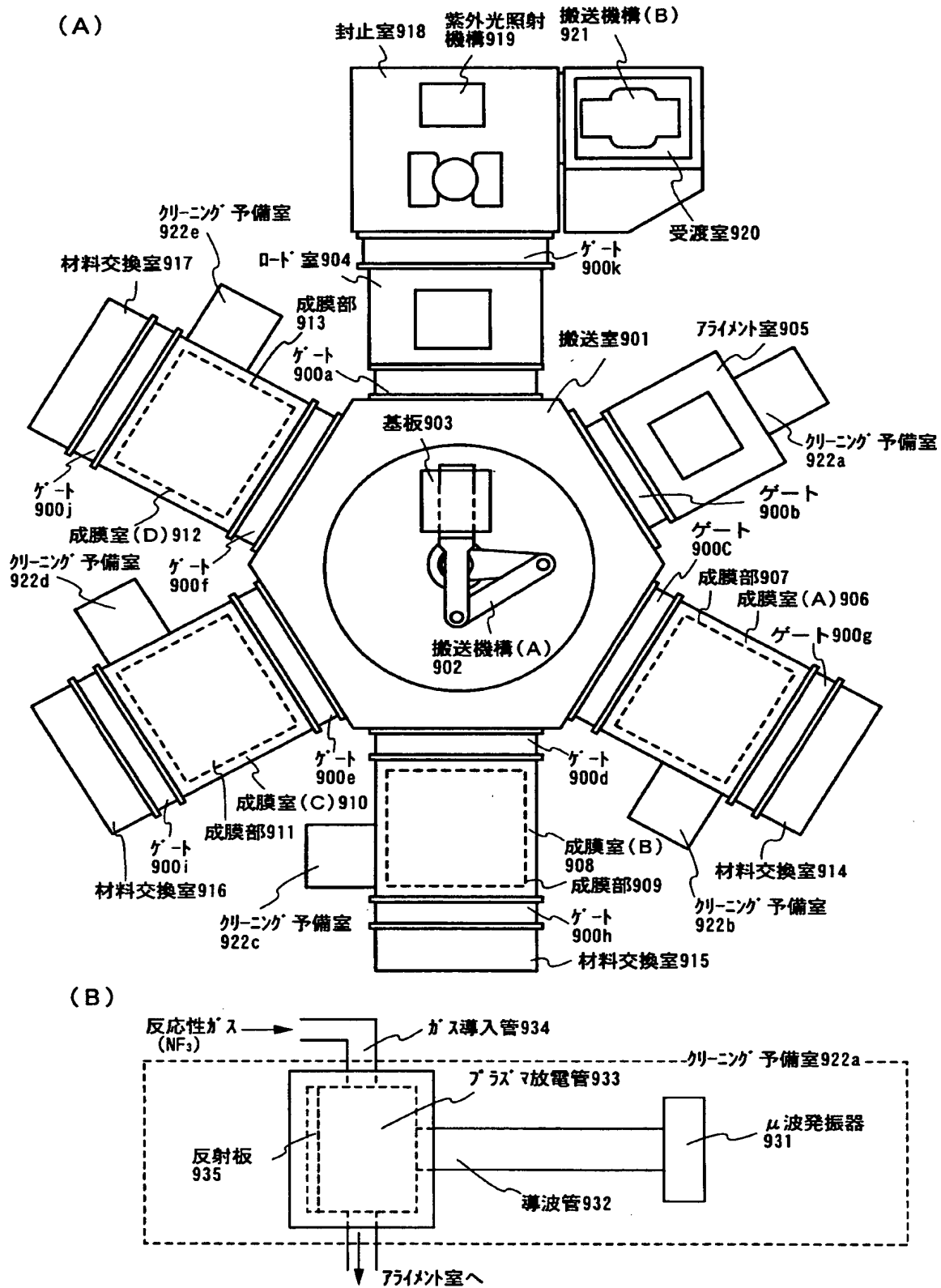


【図 9】

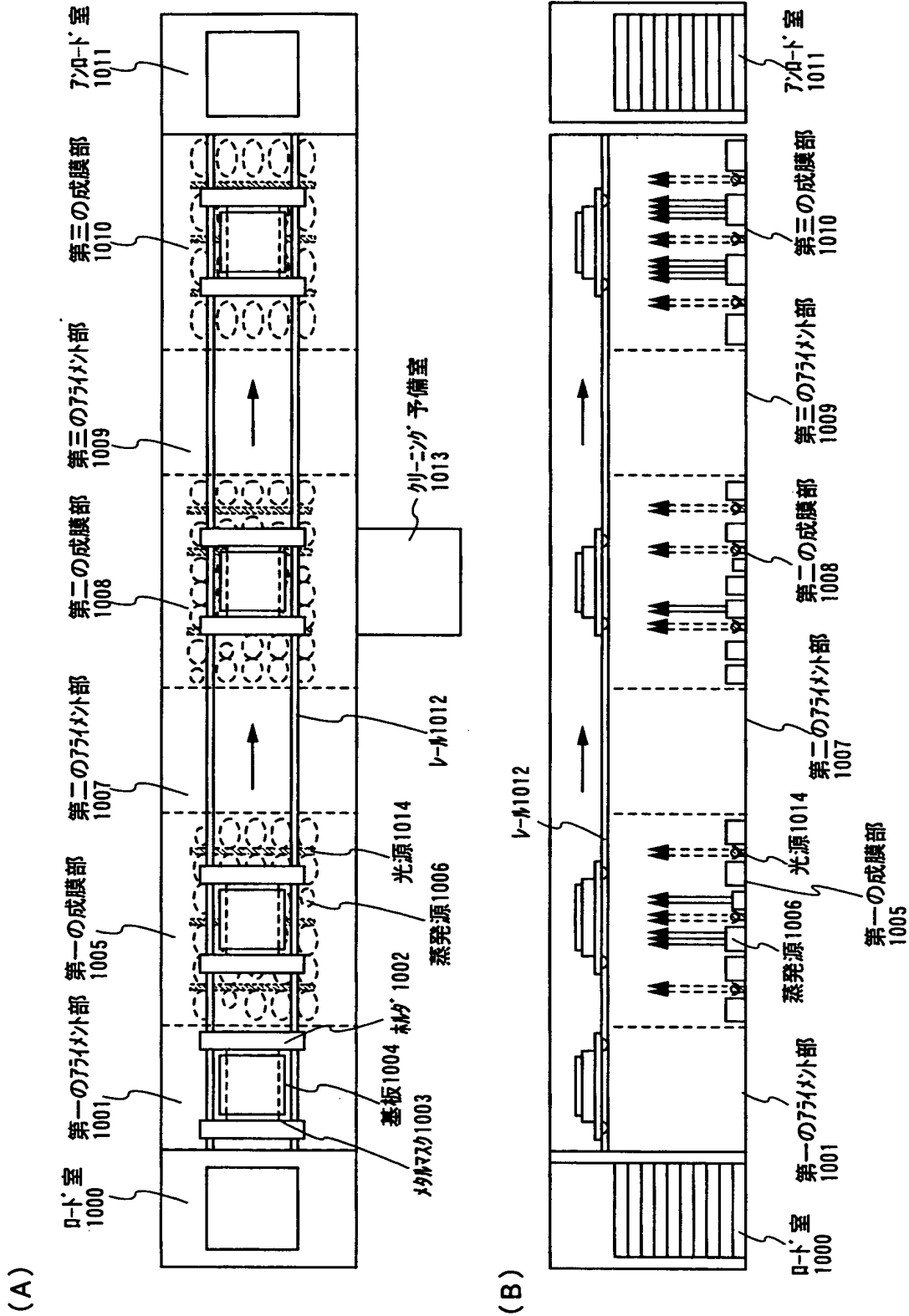




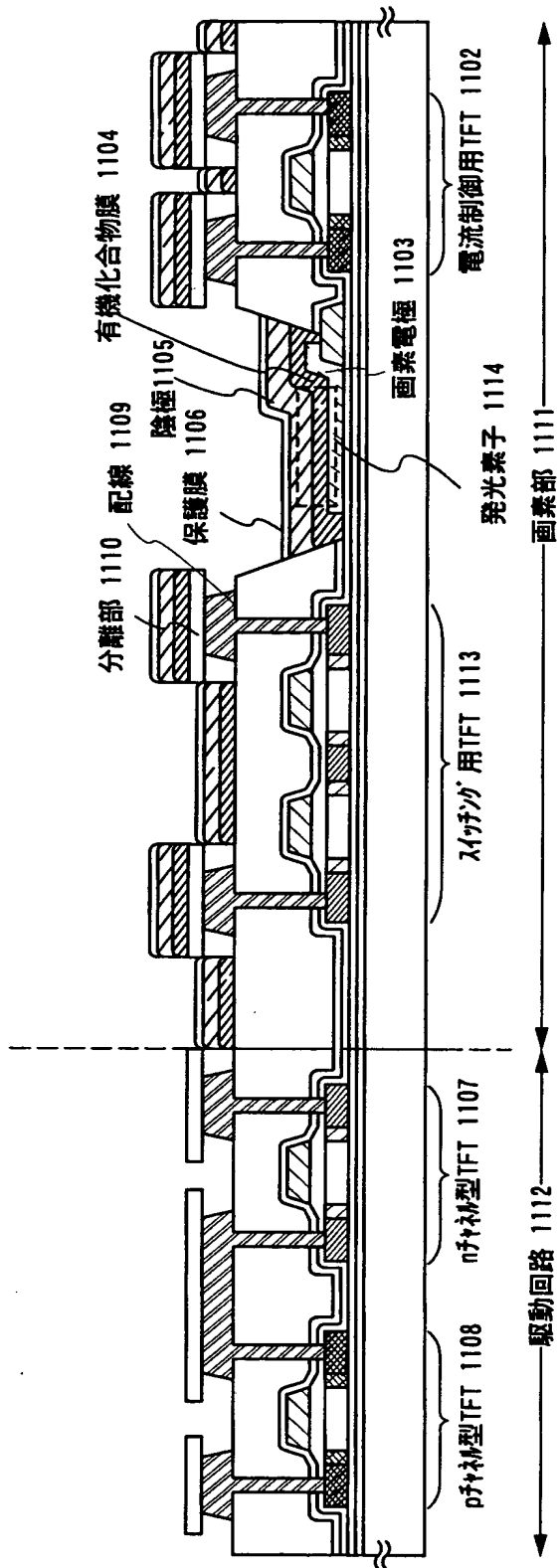
【図10】



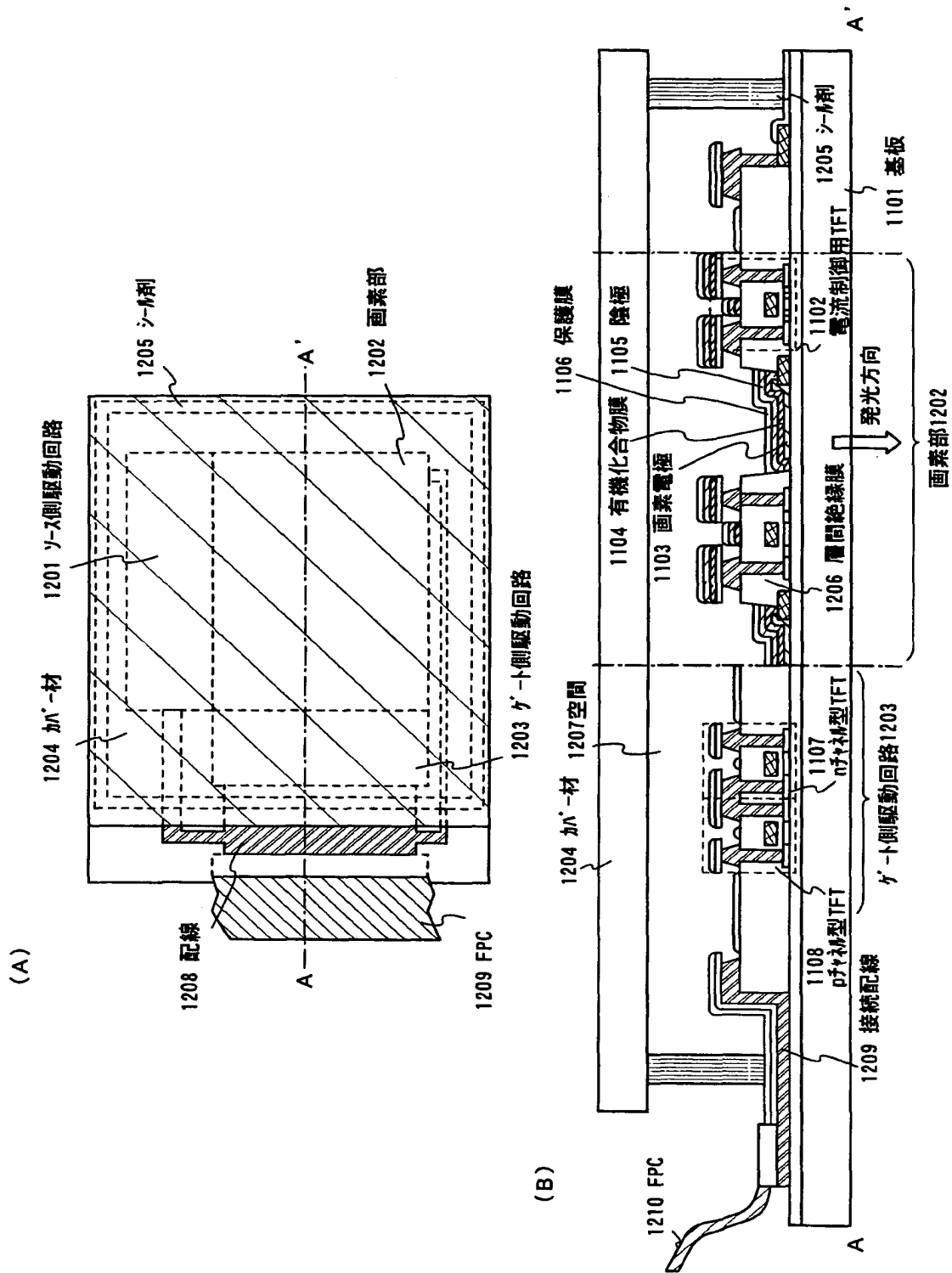
【図 11】



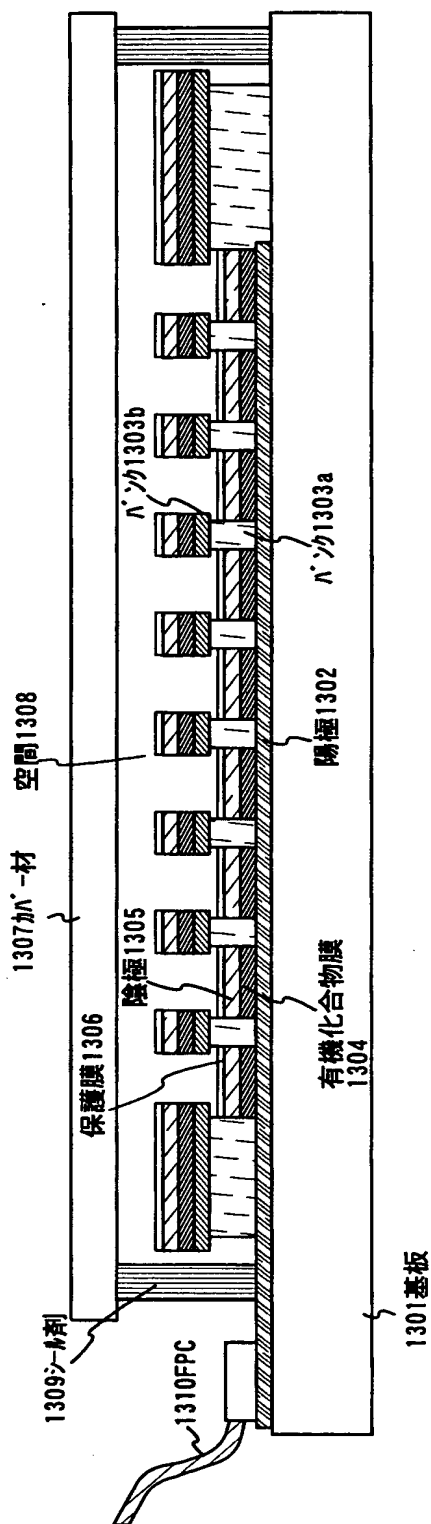
【図 12】



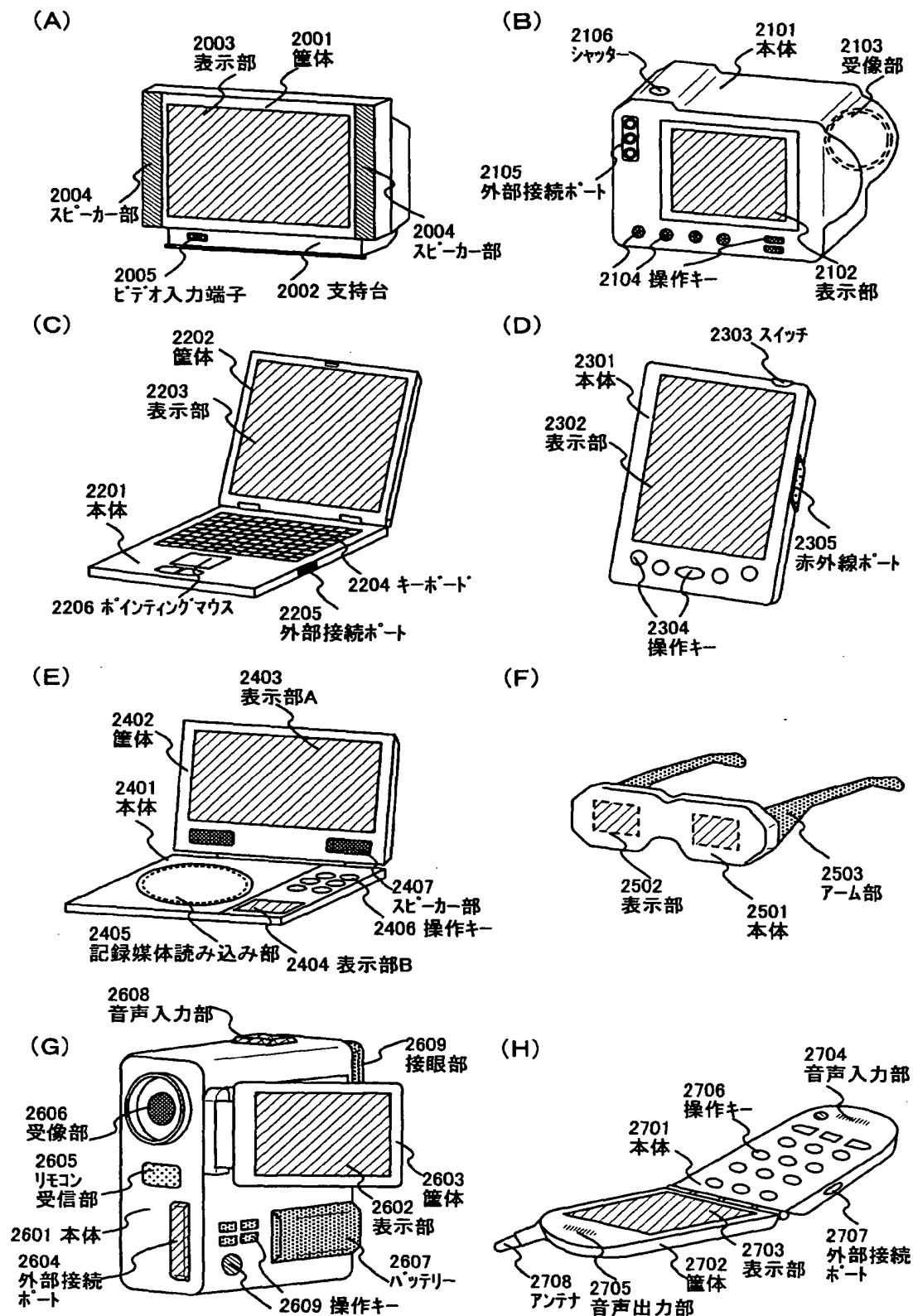
【図 13】



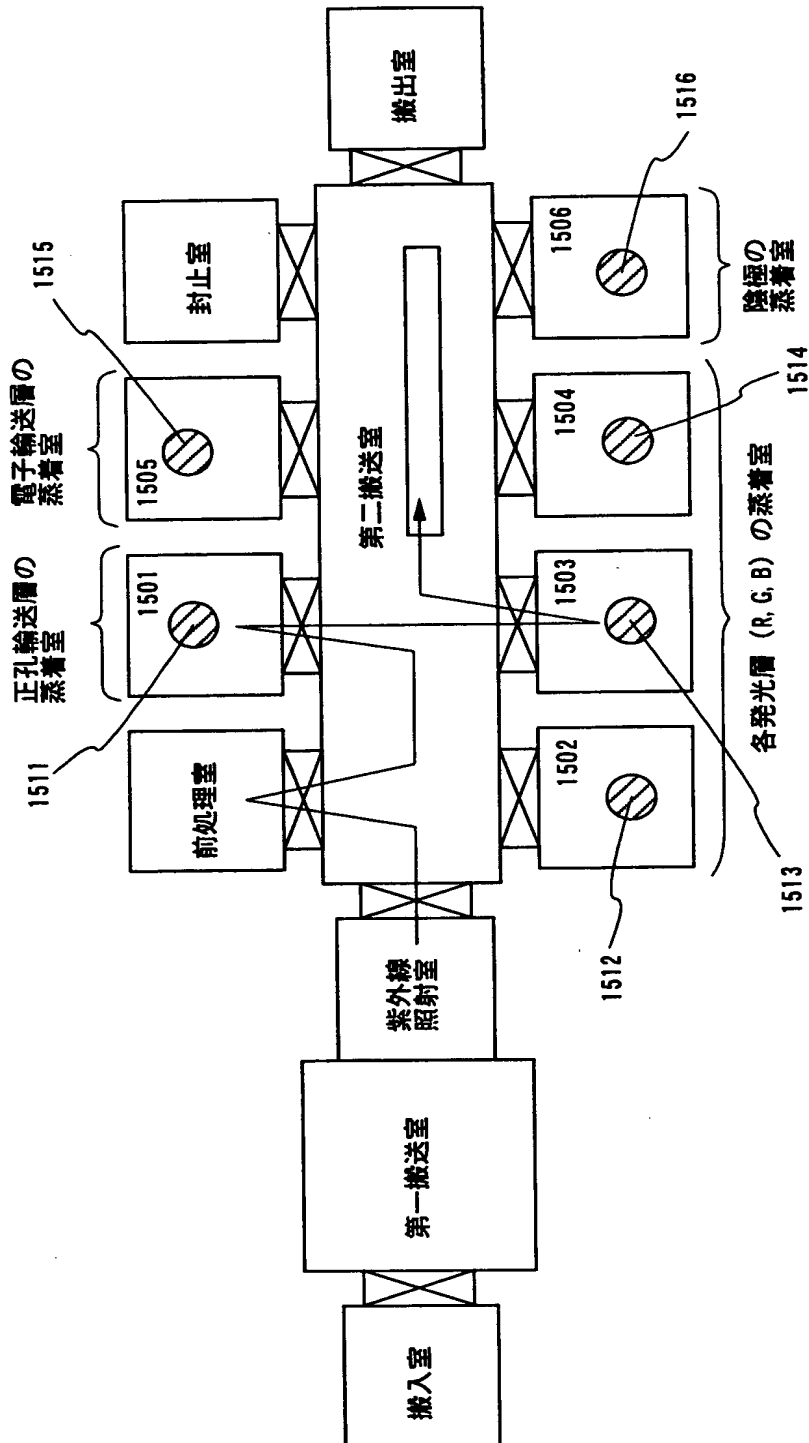
【図14】



【図15】



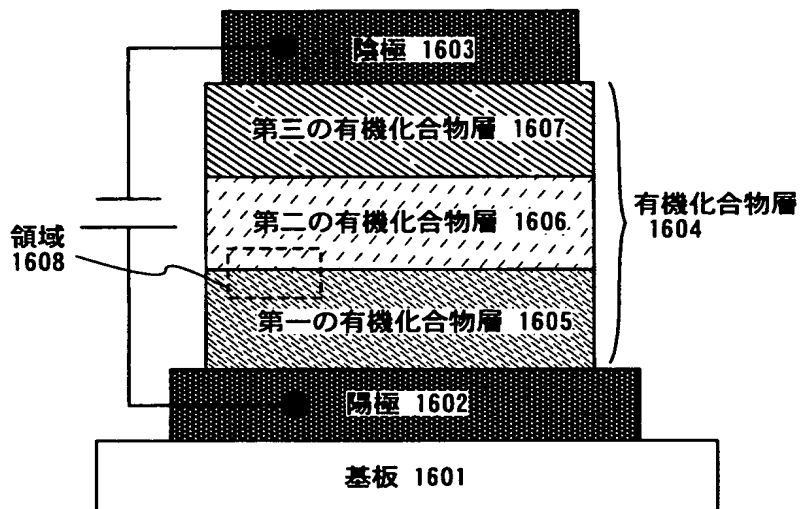
【図 16】



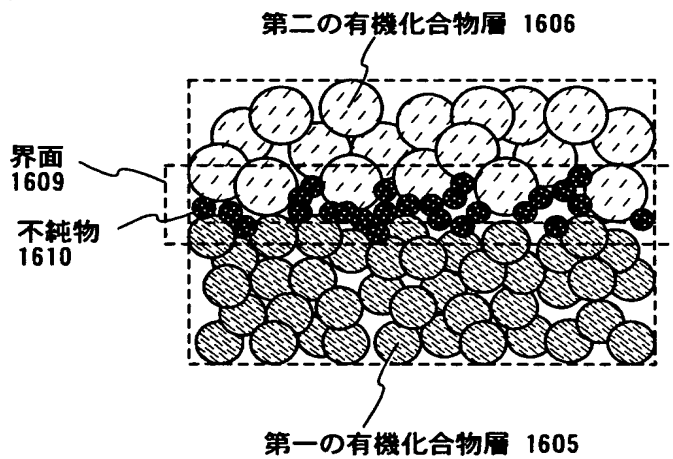


【図 1 7】

(A)

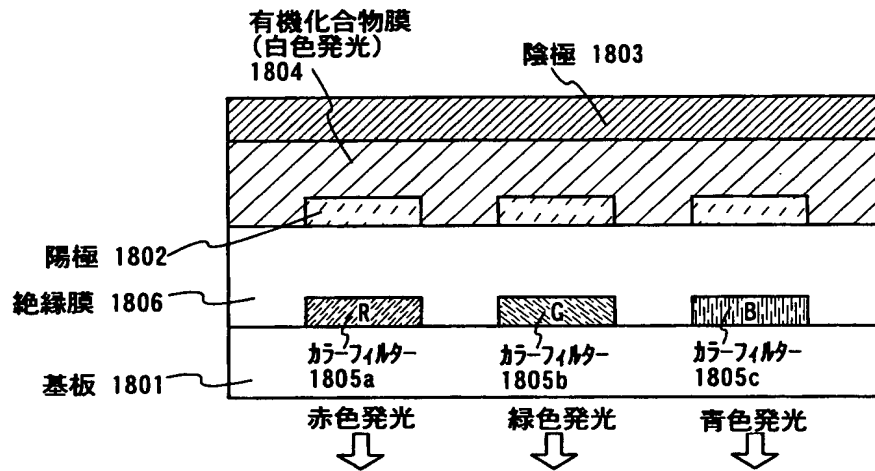


(B)

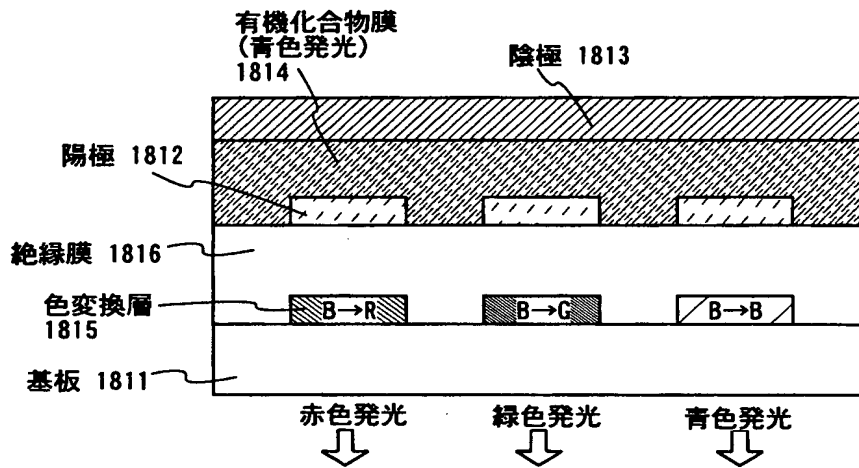


【図 1 8】

(A) カラーフィルター方式



(B) 色変換 (CCM) 方式



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数の機能領域を有する有機化合物膜の成膜方法及び成膜装置を提供する。

【解決手段】 成膜室 3 0 1 の内部に複数の蒸発源 ( 3 0 2 a、3 0 2 b ) を備え、それぞれの有機化合物からなる機能領域を連続的に形成するとともに、機能領域間の界面には混合領域を形成することができる。また、成膜室 3 0 1 に光源 3 0 4 を設けて、陽極表面に光を照射しながら蒸着を行うことにより、緻密な有機化合物膜を形成することができる。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 1 5 3 8 7 8 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 1 7 日

[ 変更理由 ] 新規登録

住 所 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地

氏 名 株式会社半導体エネルギー研究所